



Omkostninger ved virkemidler der kan bidrage til reduktion af ammoniakemission i 2020 og 2030

Jacobsen, Brian H.

Publication date:
2019

Document version
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):
Jacobsen, B. H., (2019). *Omkostninger ved virkemidler der kan bidrage til reduktion af ammoniakemission i 2020 og 2030*, 35 s., IFRO Udredning Nr. 2019/05

IFRO Udredning



Omkostninger ved virkemidler
der kan bidrage til reduktion af
ammoniakemission i 2020 og 2030

Brian H. Jacobsen

IFRO Udredning 2019 / 05

Omkostninger ved virkemidler der kan bidrage til reduktion af ammoniakemission i 2020 og 2030

Forfatter: Brian H. Jacobsen

Faglig kvalitetssikring: Michael Friis Pedersen har foretaget faglig kommentering. Ansvar for udgivelsens indhold er alene forfatterens.

Udarbejdet for Miljøstyrelsen.

Udgivet marts 2019.

Se flere myndighedsaftalte udredninger på www.ifro.ku.dk/publikationer/ifro_serier/udredninger/

Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi
Københavns Universitet
Rolighedsvej 25
1958 Frederiksberg
www.ifro.ku.dk

Omkostninger ved virkemidler der kan bidrage til reduktion af ammoniakemission i 2020 og 2030

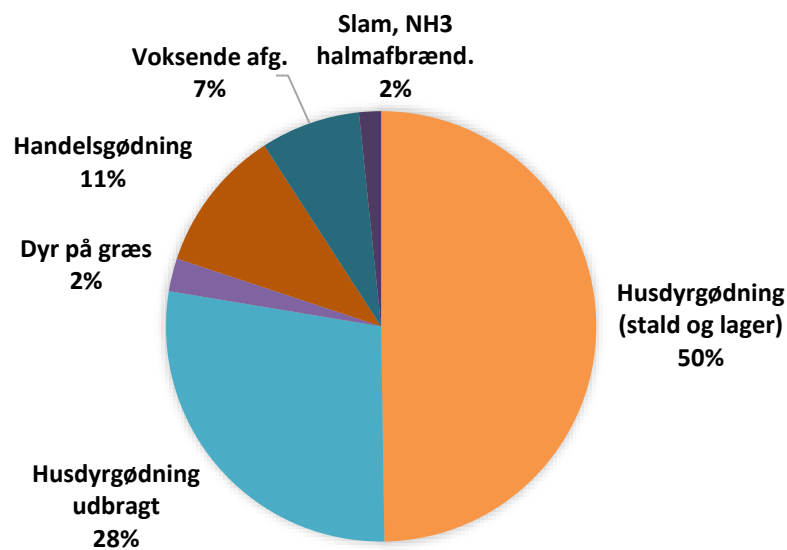
Formålet med dette notat er at beskrive udvalgte virkemidler, der kan medvirke til, at Danmark kan leve op til sine internationale forpligtelser vedrørende reduktion af ammoniak (NH_3) i 2020 og i 2030. Baggrunden er, at Danmark ifølge NEC-direktivet, har en forpligtelse til at reducere ammoniakemissionen i 2020 og i 2030 med 24 procent i forhold til niveauet i 2005. Emissionen i 2005, før justering, er angivet til at være cirka 88,5 kt NH_3 , og målet i 2020 og 2030 er derfor cirka 67,3 kt NH_3 (Nielsen et al., 2018). Den seneste fremskrivning angiver en emission i 2020 på cirka 72,5 kt NH_3 i 2020 og cirka 72,0 kt NH_3 i 2030, hvorfor der er en manko på cirka 5,2 kt NH_3 i 2020 og en manko på cirka 4,7 kt NH_3 i 2030. Der forventes således ikke en større reduktion i den danske NH_3 - emission fra 2020 til 2030 (Nielsen et al., 2018).

IFRO har i samarbejde med DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi (Aarhus Universitet) og Miljøstyrelsen (MST) i en foranalyse opstillet en bruttoliste på 18 virkemidler, der kunne bidrage til at reducere emissionen og sikre, at emissionsmålet i 2020 og 2030 kan nås (se appendiks B). Ud fra den liste er der, baseret på en vurdering af potentiale og effektivitet, opstillet seks scenarier, som analyseres nærmere i dette notat.

I dette notat gives først en kort beskrivelse af de udvalgte virkemidler, og den følges af en vurdering af den forventede ammoniakreduktion som følge af de foreslåede virkemidler. Gennemgangen fokuserer på 2030, da dette omfatter alle scenarier, mens opgørelser for 2020 fremgår af appendiks C. Effektvurderingen er foretaget af DCE og afrapporteres i en selvstændig rapport, hvorfor kun hovedresultaterne præsenteres her (Nielsen et al., 2018). Det følgende afsnit beskriver de afledte effekter af de foreslåede virkemidler på CO_2 - emissionen og N-udvaskningen. Denne opgørelse skal opfattes som en forholdsvis grov partiel vurdering baseret på eksisterende analyser af sideeffekter, hvorfor ikke alle dynamiske effekter indgår. Herefter følger opgørelsen af de direkte budgetmæssige omkostninger ved virkemidlerne, ligesom de samfundsøkonomiske omkostninger med indregninger af afledte effekter er opgjort i et efterfølgende afsnit. Der afsluttes med en opsummering på den samlede analyse.

1. Introduktion

Som det fremgår af figur 1., så kommer langt hovedparten af ammoniakemissionen fra stald og lager (50 procent), mens selve udbringningen bidrager med cirka 28 procent (Mikkelsen & Albrechtsen, 2018). Derefter kommer handelsgødning (11 procent) og voksende afgrøder (7 procent). Dyr på græs og halm- afbrænding samt øvrige udgør resten (4 procent).



Figur 1. Fordeling af emissionen på forskellige landbrugskilder i 2016

Kilde: Mikkelsen og Albrechtsen (2018)

I fremskrivningerne foretaget af DCE og IFRO (Hansen et al., 2015) indgår en vurdering af den fremtidige anvendelse af miljøteknologier i landbruget. Det vurderes nu, at implementeringen af nye staldteknologier (primært forsuring, luftrensning og andre teknologier) ikke vil forløbe helt så hurtig som tidligere forventet, hvilket også er koblet til et lavere investeringsomfang (se også Mikkelsen & Albrechtsen, 2017). Dertil kommer, at et højere forbrug af handelsgødning samt en ændring af de anvendte emissionsfaktorer har øget emissionen fra handelsgødning i forhold til tidligere prognoser.

Men den øgede anvendelse af nye staldteknologier frem mod 2030 bidrager dog fortsat til en lavere ammoniakemission. Som eksempel stiger antallet af mink i prognosen med over 20 procent fra 2016 til 2030, men ammoniakemissionen fra pelsdyr falder med 4 procent. De eksisterende stalde er typisk ikke påvirket af nye krav, hvorfor implementeringen af ny teknologi typisk er koblet til etablering af nye stalde og udvidelse af produktionen. Der synes fortsat at være nogen usikkerhed om den faktiske implementering af nye teknologier i praksis, selvom der i de seneste år er gjort en indsats for at anvende viden fra husdyrgodkendelser i fremskrivningerne.

2. Gennemgang af prioriterede virkemidler til yderligere ammoniak reduktion

I nedenstående gennemgang beskrives de seks udvalgte scenarier, der indgår i de videre analyser.

1. Øget miljøteknologi i stalden
2. Fast overdækning af gyllebeholdere
3. Øget forsuring i marken
4. Forbud mod anvendelse af handelsgødning med høj emission
5. Lavere forbrug af handelsgødning end forventet
6. Uændret antal dyr i 2030 i forhold til i dag

Det gælder for flere af disse teknologier, at det overvejes, om den øgede N-opsamling af ammonium N skal have en indvirkning på gødningsregnskabet i form af øget krav til N-udnyttelse af husdyrgødningen. Der er i dag ikke et øget krav, og derfor reducerer disse teknologier ikke nødvendigvis forbruget af handelsgødning. Det er denne tilgang, som er anvendt i dette notat, og det følger den fremgangsmåde, der er valgt i forhold til klimaarbejdet (Olesen et al., 2018) og ved ammoniakfremskrivninger (Nielsen et al., 2018).

Det vurderes, at i gennemsnit cirka 3-5 procent af alle stalde udskiftes hvert år, så over en 10-12 års periode er det cirka 30-60 procent af alle stalde, der udskiftes frem mod 2030. Der kan dog godt i de enkelte år være en betydelig variation i antallet af nye stalde, da dette beror på en række forhold. Det vil specielt i forbindelse med investeringer i nye stalde ske en vurdering af, hvilke miljøteknologier der skal anvendes i de nye og i de eksisterende stalde.

Ammoniakeffekten er beregnet af DCA og angivet i en rapport om virkemidler og ammoniak (Nielsen et al., 2018). Beregningerne er foretaget for hvert scenarie for sig, hvorfor der ikke indgår kombinationseffekter mellem to eller flere virkemidler i analysen. Det vil for nogle virkemidler være sådan, at implementeringen af det ene virkemiddel reducerer eller udelukker en anden teknologi. Krav om teknologier kunne også have en indflydelse på omfanget af nyinvesteringer og dermed på omfanget af husdyrproduktionen. Dette er kort drøftet under de enkelte virkemidler (se i øvrigt Kai et al. (2016) om samspil mellem miljøteknologier).

Der er ikke taget stilling til, om de angivne tiltag eller virkemidler vil blive gennemført i praksis, men de er valgt med henblik på at give en grov kvantificering i forhold til den samlede ammoniakemission fra landbrugssektoren. Der er således ikke taget stilling til valg af implementeringsinstrumenter, og de administrative omkostninger koblet til dette valg indgår derfor ikke i beregningerne. De øgede investeringer vil have en indvirkning på bedrifternes indtjening, men disse afledte effekter indgår ikke i denne vurdering. Det er i sidste ende en politisk vurdering, hvilke krav der skal stilles til landbrugsbedrifterne, og hvilket omkostningsniveau som er acceptabelt (Jacobsen, 2012).

Der tages i gennemgangen udgangspunkt i fremskrivning af ammoniakemissionen fra DCE (Nielsen et al., 2018), og effekten af scenarierne er samlet i tabel 8.

2.1. Scenarie 1: Øget miljøteknologi i stalden

I dette scenarie øges anvendelsen af miljøteknologi i stalden fx i forbindelse med en mulig skærpelse af de generelle BAT-krav. BAT-kravene stilles typisk i forbindelse med nybyggeri, men kan også indgå ved en forlængelse af eksisterende miljøgodkendelser. Det vurderes, at der i dag sjældent stilles yderligere krav til eksisterende stalde.

Fordelen ved at implementere kravet som en skærpelse af BAT-kravene er, at den enkelte landmand selv kan vælge den teknologi, der passer bedst på hans bedrift. Der kan således vælges mellem luftrensning, forsuring og køling, eller andre staldtyper kunne være en løsning. Fodring indgår ikke direkte som en mulighed i den nye husdyrlov, men det kunne fremover være en mulighed. I det følgende beskrives kort udvalgte teknologier, der kunne indgå. For flere af disse teknologier vil en konsekvens være enten øget udvaskning af den opsamlede ammoniak eller reduceret forbrug af handelsgødning.

2.1.1. Luftrensning

Teknologisk vurderes den kemiske luftrensning som velfungerende, mens den biologiske i nogle tilfælde kan være mindre pålidelig. For de fleste bedrifter er delrensning en fordel, da man med fx 60 procent

kapacitet får en relativ høj andel af den fulde effekt (over 80 procent) (DCA, 2016). Den sidste mængde ammoniak kan således blive dyr at hente med luftrensning. Den maksimale effekt er 87-89 procent ifølge teknologilisten, men den anvendte effekt er noget lavere (42-61 procent) (se tabel 2).

Luftrenser (kemisk eller biologisk) eller luftvasker er hyppigt anvendt i fx Holland (46 procent i 2015), ligesom denne teknologi også skal implementeres på nye store svinebedrifter i Schleswig-Holstein (filter decree) (Jacobsen & Ståhl, 2018). Anvendelsen af luftrensning i Danmark er noget mindre end i Holland, og i fremskrivningen antages det, at kemisk og biologisk luftrensning anvendes i 1-5 procent af svineproduktionen i 2020 og i 2-8 procent af svineproduktionen i 2030 (se tabel 1). Når omfanget i Holland er højere, kan det også være knyttet til krav om begrænsning af lugtemissionen.

I dette scenarie omfatter luftrensning i 2030 yderligere 10 procent for både søer og smågrise samt yderligere 20 procent for slagtesvin. Luftrensning er koblet til stalden og ammoniakemissionen fra stalden, men omfanget er her omregnet til den mængde gylle som indgår. Gyllemængden udgør 0,8 (søer og smågrise) + 2,0 (slagtesvin) = 2,8 mio. tons svinegylle i 2030.

2.1.2 Forsuring i stalden

Forsuring, med tilsætning af svovlsyre, betyder grundlæggende, at pH-værdien i gyllen falder, og at ammoniakfordampningen derved reduceres. Generelt giver forsuring også et bedre indeklima i stalden. Effekten i forhold til ammoniak er 50-64 procent ifølge teknologilisten, og dette anvendes også her (se tabel 2).

Der var i 2016 i alt cirka 150 forsøringsanlæg (omtrent ligeligt fordelt på kvæg- og svinebedrifter). Efterfølgende er nogle anlæg stoppet, fordi de har fået undtagelser fra miljøgodkendelser, da de skal levere gylle til biogasanlæg eller skal overgå til økologisk produktion. Omvendt er der kommet nogle få nye forsøringsanlæg til, blandt andet et til fjerkræ og fire på store svinestalde på Sjælland (Bregentved) som følge af miljøkrav (JH Agro, personlig kommunikation med Ken Hyldgaard). Hvad angår udviklingen frem mod 2020, så forventer producenten (JH Agro), at niveauet fortsat vil ligge på omkring 140-150 anlæg (cirka 3-4 procent af gyllen), da der kommer nogle nye til, men også nogle som lukkes. I andre analyser vurderes det, at i alt 750.000 tons gylle (2 procent) forsures i stalden (Nyord et al., 2018), mens Olesen et al. (2018) angiver et niveau på 1,3 mio. tons gylle (3 procent). Samlet er vurderingen her således, at cirka 3 procent af gyllen forsures i stalden.

Såfremt der opsamles cirka 50 procent af ammoniaktabet i stalden, så udgør det som eksempel 0,15 kg N pr. slagtesvin eller cirka 0,3 kg N pr. ton gylle. Ved en tildeling på 20 tons gylle pr. ha tilføres der i dette eksempel altså yderligere 6 kg N pr. ha som følge af forsuring. Det er således muligt at spare dette i indkøb af handelsgødning.

Årsagen til, at der ikke kommer flere staldforsøringsanlæg, er blandt andet den økonomiske situation i erhvervet, som gør, at omfanget af udvidelser er begrænset. Endvidere vælger mange at foretage udvidelserne, så der ikke er krav om nye miljøteknologier, da udvidelserne ikke sker nær Natura 2000-områder eller nær andre naboer (Jacobsen & Ståhl, 2018; Jacobsen et al., 2018). Endelig skal det anføres, at forsuret gylle har et lavere gaspotentiale, hvis den samlede andel af forsuret gylle overstiger 20-25 procent.

Der har på det seneste været nogen diskussion af udvikling af forsuring primært i marken, hvorfor der er søgt lavet en analyse af udviklingen i det samlede forbrug af svovlsyre. Forsuring baseret på svovlsyre udgør en betydelig del af det samlede svovlsyreforbrug i Danmark. Beregningen i appendiks A viser, at det

samlede svovlsyreforbrug udgør cirka 34-38 mio. kg svovlsyre fra 2012-2015, men at det synes, som om det i 2016 er faldet for så igen i 2017 at være tilbage på 2012-niveauet.

Den gyllemængde, der forsures, er skønnet til cirka 3,9 mio. tons i 2015, og med cirka 7,3 kg syre pr. ton gylle i stalden og 2,8 kg pr. ton gylle i marken er syreforbruget til forsuring cirka 17 mio. kg svovlsyre (baseret på Mikkelsen og Albrechtsen, 2017). Dette indikerer, at forsuring af gylle udgør cirka 40 procent af det danske forbrug af svovlsyre. En leverandør af syre til landmænd og maskinstationer angiver, at de ikke har oplevet et større fald i forbruget af syre de seneste år som anført i Foged (2017) (Cheminor, personlig meddelelse). Men omfanget burde undersøges nærmere, noget som også nævnes i andre analyser (Nyord et al., 2018). Grundet et lavere niveau for forsuring i stalden opgøres i Nyord et al. (2018) det samlede syreforbrug til cirka 12,7 mio. kg svovlsyre. Her er forbruget af syre pr. ton gylle dog højere i stalden, idet der anvendes 8,2 kg syre pr. ton gylle i stalden, mens der kun anvendes 1,5 kg syre pr. ton gylle i marken.

Der har været nogen diskussion af eventuelle negative effekter af forsuring på miljøet. Analyser viser, at med hensyn til adsorption, mobilitet og eventuel udvaskning kan et mindre fald i pH, på fx 0,5 enheder, have en vis betydning for metaller og fosfor. Det konkluderes, at gylleforsuring kan medføre en øget mobilitet af fosfor i gyllen og dermed en øget risiko for fosfortab. Dette kan modvirkes ved øget anvendelse af kalk. Risikoen vil formentlig være størst i vådområder, hvor vandet transporteres igennem en matrice med relativt lang opholdstid og et ofte højt indhold af organisk stof, som fremmer sulfatreduktion (Jensen et al, 2018).

I Dubgaard og Ståhl (2018) anføres, at der i basisfremskrivningen forsures 8 procent af den samlede gyllemængde i stalden i 2030, hvilket svarer til angivelserne i Mikkelsen og Albrechtsen (2017) på henholdsvis 12 og 6 procent forsuring på malke- og svinebedrifter i 2030. En forsuring af cirka 8 procent eller 3,4 mio. tons gylle i 2030 svarer til omkring 350 forsuringsanlæg, hvilket er et noget højere antal end i dag. Det er således usikkert, om den udvikling, der ligger i basisfremskrivningen, reelt kan opnås, da der ikke har været nogen stigning i antallet af anlæg de seneste år. Hvis ikke basisforudsigelsen holder, vil det selvfølgelig være endnu sværere at opnå en yderligere anvendelse af dette virkemiddel.

Staldforsuring kan ikke etableres i alle eksisterende stalde, men der er ifølge JH Agro (personlig kommunikation med Ken Hyldgaard) muligt at etablere forsuring i en del eksisterende kvægstalde med spalter/ringkanaler, ligesom det også kan være muligt i svinestalde med spalter. Det kunne således overvejes, om krav til eksisterende stalde, som implementeret i Holland, er en mulighed. Forsuring i stalden kan også laves som en "let" løsning, hvor forsuringen sker uden for stalden, men så reduceres klimaeffekten betydeligt.

Der var i 2016 investeringstilskud på 40 procent til gylleforsuring i miljøteknologiordningen hos Landbrugsstyrelsen. Ordningen blev imidlertid ikke efterspurgt af mange landmænd (3 anlæg fik tilskud), da teknologien er for dyr, hvis ikke det direkte er et krav (personlig kommunikation Mette Thomsen, Landbrugsstyrelsen). Erfaringer har vist, at det ville være en fordel at koble støtte til teknologi sammen med moderniseringsstøtten.

JH Agro forventer, at det største salg i staldforsuring i 2018-19 vil foregå i England, hvor der er givet tilbud på op imod 40 anlæg. I Storbritannien gives der 40 procent investeringstilskud ved etablering af gylleforsuring, og det er her afgørende, at der i England nu stilles skrappe krav om at reducere ammoniaktabet til nye husdyrbedrifter. Forsuring indgår således også i deres *good practice*-vejledning (DEFRA, 2018). Der er også interesse i andre lande (Tyskland og Belgien), men der er her en række udfordringer (Jacobsen,

2017). For Tyskland gælder dog, at ammoniakemissionen skal reduceres med ikke mindre end 30 procent for at nå NEC-kravet i 2030 (Jacobsen et al., 2018).

2.1.3 Gyllekøling

Gyllekøling er en teknologi, der har vundet noget indpas i svinebedrifter, hvorfor den indgår med op til 23 procent for søer i 2020 i fremskrivningen fra 2018, mens den ikke anvendes på kvægbedrifter. Der angives i dag en ammoniakreduktionseffekt på 15-20 procent, men køling kombineret med forsuring giver ikke nogen yderligere effekt. I fremskrivningen mod 2030 indgår gyllekøling med en betydelig andel (fx 40 procent for søer i 2030) set i forhold til de andre teknologier. Det vurderes, at omfanget sandsynligvis ikke kan være højere end antaget i fremskrivningen. Gyllekøling er økonomisk fordelagtig, hvor varmen kan anvendes i andre dele af produktionen, men hvis dette ikke er muligt, vil det være en relativt dyr investering. Der kan være klimamæssige gevinster, men teknologien indgår ikke i de videre analyser i dette notat.

2.1.4 Afrunding

På baggrund af ovenstående er det antaget, at der i scenariet for 2030 anvendes øget miljøteknologi i forhold til basisfremskrivningen fra 2018 (effekten af tiltaget er beskrevet i tabel 8). I den seneste NH₃-fremskrivning fra 2018 er det antaget en udvikling af implementering i miljøteknologi i stalden, som er baseret på informationer fra miljøgodkendelser for husdyrbrug (Nielsen et al., 2018). I dette scenarie beregnes konsekvensen af, at miljøteknologi etableres i en endnu større andel (10-20 procent) af kvæg- og svineproduktionen end antaget i grundfremskrivningen, og scenariet omfatter således:

- Luftreiser i 2030 for yderligere 10 procent for både smågrise og søer
- Luftreiser i 2030 for yderligere 20 procent for slagtesvin
- Gylleforsuring i stald for 2030 for yderligere 10 procent for både søer, smågrise og slagtesvin
- Gylleforsuring i stald for 2030 for yderligere 10 procent for malkekvæg og kvier.

Den mængde, der er omfattet af scenarie 1, er 2,8 mio. tons gylle i forhold til luftrensning samt 1,8 mio. tons svinegylle og 2,2 mio. tons kvæggylle i forhold til staldforsuring. Hvad angår NH₃-reduktionspotentiale, anvendes vægtede emissionsfaktorer, som er angivet i miljøgodkendelserne (2007-2016) (se tabel 2). Når effekten først indgår fra 2030, er det fordi, det ikke vurderes som muligt at implementere dette inden 2020. Endvidere er der grænser for, hvor stor en andel af den samlede gyllemængde der forventes dækket af staldteknologier. I ovennævnte forslag behandles således 72 procent af gyllen fra søer i stalden. Det vil typisk ikke være relevant, at gylle behandles med mere end én teknologi på vejen fra dyr til mark.

Tabel 1. Udbredelsen af miljøteknologi i stalden i basisfremskrivning og scenarieanalyse (%)

	Fremskrivning 2018		Scenarieanalyse
	2020	2030	2030
Søer			
Luftrenser	5	8	18
Gyllekøling	23	40	40
Gylleforsuring	2	4	14
Slagtesvin			
Luftrenser	4	5	25
Gyllekøling	6	9	9
Gylleforsuring	2	4	14
Smågrise			
Luftrenser	1	2	12
Gyllekøling	12	18	18
Gylleforsuring	1	2	12
Gylleforsuring			
Malkekvæg	7	10	20
Kvier	2	3	13

Note: Gyllekøling er uændret

Kilde: Nielsen et al. (2018)

Tabel 2. NH₃-reduktionsfaktorer baseret på data fra miljøgodkendelser for husdyrbrug 2007-2016 i stalden

Vægtet NH ₃ -reduktionseffekt, %	Forsuring	Køling	Kemisk luftvasker	Biologisk luftvasker	Gns. luftrenser
Slagtesvin	62	19	63	49	56
Smågrise	63	19	57	51	54
Årssøer	53	20	55	67	61
Kvæg	50				
Årshøner			45	39	42

Kilde: Nielsen et al. (2018)

Der indgår ikke nogen effekt i 2020, men effekten er opgjort til 2.046 tons NH₃ i 2030 omfattende cirka 6,9 mio. tons gylle, og effekten er i gennemnit således cirka 0,3 kg NH₃ pr. ton gylle.

2.2. Scenarie 2: Fast overdækning af gyllebeholdere

Hvad angår overdækning af lager til flydende husdyrgødning (gylle), er effekten af fast overdækning vurderet til at halvere ammoniakemissionen i forhold til et naturligt flydelag. Miljøeffekten af teltoverdækning er dog ikke specielt veldokumenteret hverken i danske eller udenlandske undersøgelser (Hansen, 2014). Effekten af overdækningstypen er derfor vurderet på baggrund af andre faste overdækningstyper. Teltoverdækning reducerer emissionspotentialet, men vil ikke sikre en fuldstændig hindring af ammoniakfordampningen, blandt andet fordi overdækningen ikke må være fuldstændig tæt, da det kan føre til så høje metan-koncentrationer, at der kan være en risiko for selvantænding.

Det er et krav, at der skal være fast overdækning af gyllebeholdere for bedrifter beliggende mindre end 300 meter fra Natura 2000-områder, eller hvor beholderen er placeret mindre end 300 meter fra naboer.

Der findes ikke i dag opgørelser over omfanget af overdækning af gyllebeholdere i Danmark. Miljøgodkendelserne indeholder disse oplysninger, men det er ikke let at få udtræk, og der er ikke sikkerhed for, at oplysningerne svarer til den faktiske etablering, da ikke alle godkendelser effektueres. Perstrup (personlig meddelelse) vurderer, at der i dag sælges overdækning på 50-60 procent af alle beholdere. Det skyldes også en ordning om tilskud til overdækning i 2018-19. En del af de gamle beholdere nedlægges og erstattes af en ny og større. Samlet set er deres vurdering, at 30-40 procent af alle gyllebeholdere i dag har fast overdækning (telt). Det er lidt højere end opgørelser fra andre firmaer.

Agrotop angiver på deres hjemmeside, at de har solgt cirka 1.500 overdækninger, hvilket er omtrent halvdelen af markedet. Der har imidlertid ikke været yderligere kontakt med dette firma. Consult Agro A/S oplyser, at den typiske beholderstørrelse i dag nok er omkring 4.000-5.000 m³, og at op imod 70 procent af alle nye beholdere har overdækning. De angiver, at overdækning sker både som følge af påbud og som følge af eget ønske om at reducere den totale mængde samt at reducere lugtpåvirkningen. De vurderer, at der nok er lidt flere svine- end kvægbedrifter, der får overdækning i dag. Hvilken andel overdækkede beholdere udgør af alle gyllebeholdere, tør de ikke byde på.

Det konkluderes på denne baggrund, at cirka 50-70 procent af alle nye gyllebeholdere har fast overdækning, og at 25-40 procent af alle gyllebeholdere har fast overdækning. Som angivet forventes andelen af gylle-beholdere med fast overdækning at stige over tid. I scenarieanalysen er anvendt følgende forudsætninger:

- I 2005 var der ingen eller stort set ingen gylletanke med fast overdækning
- I 2016 antages at 30/35 procent af den samlede mængde kvæggylle/svinegylle blev opbevaret i gyllebeholdere med fast overdækning
- I 2020 antages at 40/45 procent af den samlede mængde kvæggylle/svinegylle bliver opbevaret i gyllebeholdere med fast overdækning
- I 2030 antages at 60/65 procent af den samlede mængde kvæggylle/svinegylle bliver opbevaret i gyllebeholdere med fast overdækning.

Dette svarer til, at overdækning omfatter 12,1 mio. tons, 16,2 mio. tons og 24,8 mio. tons gylle i de tre perioder (Dubgaard & Ståhl, 2018). Kravet om overdækning introduceres i forbindelser med udvidelser af husdyrproduktionen og udskiftninger i øvrigt.

I den nationale emissionsopgørelse indgår fast overdækning ikke som en mulighed på nuværende tidspunkt, hvilket er begrundet i manglende information om den faktiske udbredelse af fast overdækning. Den angivne effekt er derfor i forhold til 2005, og det vil alt andet lige overvurdere den faktiske effekt af ændringerne, idet der allerede i 2016 er overdækning af mange beholdere, selvom det ikke indgår i beregningen.

Effekten er beregnet til cirka 578 tons NH₃ i 2020 i forhold til 2005, omfattende cirka 16,2 mio. tons gylle. Effekten er beregnet til cirka 1.000 tons NH₃ i 2030 i forhold til 2005, omfattende cirka 24,8 mio. tons gylle, og effekten er således cirka 0,04 kg NH₃ pr. ton gylle, der overdækkes.

Såfremt der tages udgangspunkt i 2016, er mereffekten i 2020 omkring 164 tons NH₃ i 2020 og 508 tons NH₃ i 2030. Dette er beregnet på baggrund af, at yderligere 4,1 mio. tons gylle i 2020 og 12,7 mio. tons gylle i 2030 nu forefindes i lagre, der har fast overdækning.

2.3. Scenarie 3: Forsuring i marken og skærpede krav til udbringning til husdyrgødning

Forsuring i marken er billigere og lettere end forsuring i stalden, men det giver heller ikke alle de samme fordele, idet der ikke sker en reduktion af metanemissionen. For gylle, der allerede er blevet forsuret i stalden, vil der ikke kun opnås en yderligere effekt ved markforsuring. Syretilsætningen kan i princippet ske enten i lageret eller ved udbringningen, men syretilsætning i gyllelager drøftes ikke yderligere her, da omfanget vurderes at være begrænset. Forsuring i marken er et produkt, maskinstationerne tilbyder. Biocover, som producerer udstyr til markforsuring, oplyser, at cirka 95 procent af deres kunder er maskinstationer. Det bemærkes i øvrigt, at 1 liter syre vejer 1,8 kg, hvorfor det er vigtigt, om opgørelsen er foretaget i liter eller i kg.

Forsuring foretaget af maskinstation er således anslået til cirka 2,6 mio. tons gylle i appendiks A, hvilket svarer til det niveau, der er angivet i andre analyser baseret på oplysninger fra maskinstationer (Foged, 2017). Niveauet blev tidligere anslået til 3,7 mio. tons gylle (Olesen et al., 2018). Som anført er omfanget nok faldende (Foged, 2017). I Nyord et al. (2018) er niveauet for markforsuring omkring 5 procent, og den samlede forsuring i stald, lager og mark er angivet til cirka 10-12 procent. Det vurderes, at baggrunden for den lavere anvendelse af syre er blandt andet, at landmænd nu kan købe mere handelsgødning, idet kvælstofnormerne ikke længere sætter en grænse for den mængde, der kan købes.

Forsuring i marken omfatter i 2015 i alt cirka 2,3 mio. tons gylle, stigende til næsten 7 mio. tons gylle i 2020 i fremskrivningen fra 2018 (se tabel 3). Omfanget af markforsuring i 2018 er således noget lavere end det forventede niveau i 2020 angivet i fremskrivningen fra 2018 (se tabel 3). Gylleforsuring i marken har en effekt på ammoniakfordampningen på 49 procent for kvæggylle og 40 procent for svinegylle (baseret på teknologi-listen). Dette er cirka 10 procent lavere end forsuring i stalden (se tabel 2).

Tabel 3. Markforsuring i tidligere fremskrivning og i denne analyse

	Fremskrivning 2017			Scenarie 3	
	2015	2020	2030	2020	2030
Kvæggylle	13	34	34	34	34
Svinegylle	1	3	3	23	23

Kilde: Nielsen et al. (2018)

En nyere problemstilling synes at være, at en del landmænd kun ønsker, at maskinstationen kommer med systemet monteret, hvorefter de selv vil tilsætte syren. Der kan dog være usikkerhed om hvor meget syre, der faktisk tilsættes systemet (Morten Toft, Biocover, personlig meddelelse baseret på indmeldinger fra maskinstationer).

Der foreslås i dette scenarie en yderligere 20 procent stigning i anvendelsen af markforsuring i svinegylle. Omfanget er henholdsvis cirka 3,8 og 3,6 mio. tons gylle i 2020 og 2030. Effekten er i 2020 opgjort til 995 tons NH₃ og i 2030 til 961 tons NH₃ eller cirka 0,27 kg NH₃ pr. ton gylle. Grundlæggende vil langt hovedparten af al gylle, der udbringes i 2030, være behandlet med en ammoniakreducerede teknologi i

stalden eller i marken. Tiltaget kunne være et påbud, hvorfor det godt kan gennemføres gældende fra 2020.

2.4. Scenarie 4: Lavere anvendelse af handelsgødning med høj emissionsfaktor

For en række NPK-gødninger er emissionsfaktoren 0,05 kg NH₃ pr. kg N, mens NK-gødninger og ammoniumnitrat har en lavere emission på 0,015 kg NH₃ pr. kg N. For urea og svovlsur ammoniak er emissionsværdierne imidlertid noget højere, nemlig 0,155 og 0,09 kg NH₃ pr. kg N, hvorfor analysen omfatter et eventuelt forbud mod anvendelse af disse to gødningstyper.

Svovlsur ammoniak bruges til at reducere reaktionstallet og er således det modsatte af at tildele kalk. Effekten minder om den, der opnås ved anvendelse af forsuret gylle. Det blev tidligere anset som en billig gødning i forhold til andre gødningstyper (en discountgødning). En opgørelse af prisen på en svovlsur gødning (fx 21-24) set i forhold til en NPK-gødning (21-4-10 med S og Mg) viser, at opgjort pr. kg N er NPK-gødningen dyrest, når P, K og S tillægges en standardværdi. Prisen på N er således 7,7 kr. pr. kg N for NS-gødningen og 8,9 kr. pr. kg N for NPK-gødningen. Dette er baseret på, at prisen for 100 kg NPK-gødning er omkring 295 kr. og NS-gødningen 210 kr. (kilde: DLG-Øst, personlig meddelelse fra oktober 2018). Det vurderes, at denne prisforskel er repræsentativ for den typiske forskel, selvom priserne varierer over tid. Nogle landmænd bruger svovlsur ammoniak som startgødning i vintersæd, fordi hele kvælstofmængden er på ammonium-form, og fordi gødningen har en forsurende effekt, der dæmper problemer med manganmangel i afgrøderne (Smitt, 2007).

Da ammoniakfordampningen er højere ved svovlsur ammoniak, tabes der mere ved tildeling, hvorfor udbyttet er lavere ved samme N-tildeling. For at modvirke det større tab kan der anvendes en urease-inhibitor (fx Agrotain), som reducerer ammoniaktabet med cirka 40-45 procent, men emissionen er stadig noget højere end i andre gødningstyper (ammoniumnitrat) (Hvid, 2010). Der er dog også andre ulemper (manglende S), hvorfor SEGES ikke forventer, at salget af urea vil stige kraftigt fremover.

I forhold til ammoniakemissionen udgør de to typer gødning cirka 10 procent af den samlede emission fra handelsgødninger i 2015. Hvis der skiftes til kvælstofgødninger med svovl eller kalkammonsalpeter, er emissionsniveauet kun 0,008 kg NH₃ pr. kg. I tabel 4 er forbruget af handelsgødning opgjort, og for 2015/16 er der også angivet et forbrug efter forbud mod brug af svovlsur ammoniak og urea for at vise, at der samlet tildeles samme mængde N før og efter et forbud.

Tabel 4. Forbrug af handelsgødning med og uden forbud (1.000 tons N)

	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2015/16 (efter et forbud)
Svovlsur NH ₃ (21 %)	5,5	5,1	7,0	5,0	0
Urea (46 % N)	0,4	0,3	0,9	1,0	0
Andre typer gødning	187,7	181,4	197,4	191,2	197,2
I alt	193,6	186,8	205,3	197,2	197,2

Note: For 2016/17 er forbruget opgjort til 252,9 tons N. Heraf udgør svovlsur ammoniak og urea i alt 4 procent.
Kilde: Landbrugsstyrelsen (2017) og egne beregninger

Vurderingen fra SEGES (Thorkild Birkmose, personlig meddelelse) er, at svovlsur ammoniak (NS 21-24) i dag anvendes dels til raps i foråret og dels til vintersæd i efteråret; det sidste for at tilføre N og S så manganmangel undgås. Disse landmænd ville typisk skifte til NS-gødninger (fx NS 26-14) med højt ammoniumindhold (hurtig effekt). For landmænd, der anvender forsuret gylle, vil der i foråret ikke være behov for at købe svovl til raps, men der vil fortsat være behov for svovl i vinterafgrøden om efteråret.

Kvælstofforbruget i urea og svovlsur ammoniak erstattes med kvælstofgødninger med svovl + kalkammonsalpeter. I fremskrivningen udgør de to gødningstyper i alt 12 procent af emissionen (Nielsen et al., 2018). Antagelsen gør sig gældende fra år 2020. Den gennemsnitlige emission falder fra 0,30 kg NH₃ per kg N tilført til 0,27 kg NH₃ per kg N tilført efter forbuddet, hvilket reducerer emissionen med cirka 932-933 tons NH₃ i 2020 og 2030.

2.5. Lavere forbrug af handelsgødning

Det vurderes, at fødevarer- og landbrugspakken har øget forbruget af handelsgødning fra cirka 200 mio. kg N i 2014 til 250-260 mio. kg i 2017 eller cirka 60.000 tons N svarende til cirka 2 kt NH₃ (Nielsen et al., 2018). Det forventede forbrug af handelsgødning i 2020 er 273 mio. kg eller cirka 7 procent under det maksimale forbrug på cirka 294 mio. kg N.

Det vurderes således som relevant at vurdere, hvad konsekvensen vil være, hvis forbruget af handelsgødning forbliver lavere end antaget i fødevarer- og landbrugspakken, fx på 240.000 tons N. Det er her antaget, at handelsgødningsforbruget er på 240 mio. kg N for hele perioden 2016-2030, hvilket er lidt under forbruget i 2016-2017.

Tabel 5. Forbrug og kvote i forhold til handelsgødning (mio. kg N)

	2014	2015	2016	2017	2020	2030
Gødningsregnskaber	200	210	240			
Danmarks Statistik	187	205	197	253		
Forbrug anvendt i fremskrivning	187	203	230	260	273	275
Forbrug anvendt i ny analyse	187	203	240	240	240	240

Kilde: Danmarks statistik (salg af handelsgødning) (2018); Nielsen et al. (2018) og egne udtræk af gødningsregnskaber for 2016/17.

Der er i vurderingen af handelsgødningsforbruget i emissionsanalysen ikke foretaget en kobling til udviklingen i N fra husdyrproduktionen, da dette ikke opgøres i den anvendte fremskrivning (Nielsen et al., 2018). En stigning i husdyrgødningsproduktion kan således påvirke forbruget af handelsgødning i fremskrivningen foretaget af DCE. I klimaanalysen er der antaget, at gyllemængden stiger med 8 procent fra 2015 til 2030 (Dubgaard & Ståhl, 2018). Det samlede indhold af kvælstof i husdyrgødningen tilført markerne vurderes at være cirka 220.000 tons N baseret på gødningsregnskaber fra 2015/16 og en stigning på 8 procent er således cirka 18.000 tons N.

Fordelingen af de forskellige gødningstyper fremover antages at være den samme som gennemsnittet for 2014-2016. Reduktionen i ammoniakemissionen i 2020 udgør 1.003 tons NH₃, mens den udgør 1.058 tons NH₃ i 2030 svarende til 0,03 kg NH₃ pr. kg N, der ikke længere tilføres.

2.6. Uændret antal husdyr i forhold til i dag

Det antages her, at antal husdyr er uændret i forhold til i dag, således at antallet af køer, slagtesvin, producerede smågrise, mink og fjerkræ er det samme i 2020 og i 2030. Der regnes på konsekvenserne af uændret husdyrproduktion, det vil sige en fastholdelse af det gennemsnitlige produktionsniveau for årene 2014-2016 og frem til 2030. For kvægproduktionen vil det i udgangspunktet betyde en fastholdelse i antallet af malkekvæg (565.000), mens det for svineproduktionen vil betyde en fastholdelse af producerede smågrise og antallet af slagtesvin. Alle øvrige variable for øget produktionseffektivitet, som fx stigning i mælkeydelse og antal smågrise per årssø, antages fortsat at være gældende. Der vil således være tale om et fald i antallet af søer (grundet flere grise pr. årssø) og en stigende mælkemængde over tid (grundet højere ydelse pr. ko).

I basisfremskrivningen fra DCE (Jensen, 2017; Nielsen et al., 2018) er der en stigning i antallet af køer på 9 procent og en stigning i antallet af mink på 20 procent (se tabel 6). Som det fremgår af forskellen mellem tabel 6 og tabel 7, så vil der i scenarie 6 i 2030 være 56.000 færre køer, 70.000 færre søer, lidt flere producerede slagtesvin (+410.000) og 784.000 færre mink. Relativt viser tabel 7, at der vil være 19 procent færre pelsdyr og 16 procent færre fjerkræ i 2030 end i basisfremskrivningen. For at beskrive dynamikken så fremgår det af Landbrugsavisen, at antallet af bedrifter med mink kan falde med over 25 procent i 2019 (Thomsen, 2018).

For 2020 vil den lavere bestand og produktion udgøre 62.000 søer (-6 procent) og cirka 2,2 mio. producerede smågrise (-6 procent). For slagtesvin øges produktionen med 66.000 styk årligt (0 procent), og der vil være en reduktion på 19.000 køer (-3 procent). Dette svarer til, at mængden af kvæggylle reduceres med 0,6 mio. tons, mens mængden af so- og smågrise-gylle reduceres med cirka 6 procent af 9,2 mio. tons eller 0,5 mio. tons gylle.

Der indgår i antagelserne en vis dynamik, så nogle stalde lukkes og nye etableres, for at de forventninger omkring teknologiudvikling, der indgår, rent faktisk sker. Det er således ikke en antagelse om, at alle de nuværende stalde holder til 2030. Reduktionen er beregnet til at omfatte cirka 55.000 dyreenheder i 2020 og cirka 117.500 dyreenheder i 2030 (se senere). Effekten i 2030 udgør cirka 30 kg NH₃ pr. dyreenhed i gennemsnit, og den samlede effekt er 1,3 kt NH₃ i 2020 og 3,3 kt NH₃ i 2030.

Tabel 6. Forventet udvikling i husdyrproduktionen i basisfremskrivningen

Antal dyr – 1.000 stk.	2016	2020	2030
Malkekvæg	572	584	621
Øvrige kvæg	1.194	1.211	1.256
Søer	999	969	835
Smågrise (prod.)	32.379	33.650	34.385
Slagtesvin (prod.)	19.542	19.708	19.364
Fjerkræ (prod.)	132.310	150.263	151.272
Pelsdyr	3.251	3.493	4.100
Øvrige	379	386	386

Kilde: Nielsen et al. (2018)

Tabel 7. Forventet udvikling i husdyrproduktionen i scenarie 6 og i forhold til basisfremskrivning i 2030

Antal dyr (1.000 stk.)	2016	2020	2030	Ændr. basis (antal)	Ændr. basis (%)
Malkekvæg	572	565	565	-56	-9
Øvrige kvæg	1.194	1.202	1.202	-32	-2
Søer	999	907	765	-70	-8
Smågrise (prod.)	32.379	31.493	31.493	-2.892	-8
Slagtesvin (prod.)	19.542	19.774	19.774	+410	+2
Fjerkræ (prod.)	132.310	127.275	127.275	-23.997	-16
Pelsdyr	3.251	3.316	3.316	-784	-19
Øvrige	379	379	379	-7	-2

Note: Ændring i antal og i procent er beregnet i forhold til produktionen i 2030 i tabel 6.

Note: Antal søer falder fordi det her er valgt at holde antallet af smågrise konstant og med flere grise pr. årssø betyder det færre søer i 2030 end i 2020.

Kilde: Nielsen et al. (2018) og egne beregninger

2.7. Opsamling

De samlede resultater fra analysen fremgår af tabel 8. Som det fremgår, er effekten størst ved scenarie 6 (fastholdelse af den nuværende husdyrproduktion) og scenarie 1 (øget teknologi i stalden). Det er som det fremgår, usikkert om effekten af ovedækning af gyllebeholder reelt skal opgøres i forhold til 2005, fordi den ikke indgår i dag, eller i forhold til 2016 niveauet som de andre virkemidler.

Set i forhold til en manko på 5,2 kt NH₃ i 2020 så kan flere af de opstillede scenarier bidrage med en reduktion af emissionen med cirka 20 procent i 2020. Hvad angår mankoen på 4,7 kt NH₃ i 2030, så vil teknologi i stalden og fastholdelse af husdyrproduktionen reducere mankoen med henholdsvis 40 og 70 procent, mens de andre scenarier kan bidrage med cirka 20 procent. Det er dog ikke muligt at implementere alle scenarier, da der er overlap mellem virkemidlerne.

Tabel 8. Beregnet effekt af de opstillede scenarier

Nr.	Beskrivelse	2020	2030
		Ændring (ton NH ₃)	Ændring (ton NH ₃)
1	Øget teknologi i stalden	0	-2.046
2	Fast overdækning af gyllebeholder (i forhold til 2005)		
	Fast overdækning af gyllebeholder (i forhold til 2016)	-578 -164	-1.005 -508
3	Forsuring af gylle ved udbringning	-995	-961
4	Reduktion af handelsgødning med høj emission	-933	-932
5	Lavere forbrug af handelsgødning	-1.003	-1.058
6	Fastholdelse af husdyrproduktionen 2020 til 2030	-1.313	-3.271

Kilde: Nielsen et al. (2018) og egne beregninger

3. Mulige sideeffekter

Der er ikke foretaget nye beregninger af sideeffekterne, hvorfor de i dette notat er opgjort med udgangspunkt i tidligere analyser af klimavirkemidler for landbruget (Dubgaard et al., 2010; 2013; Dubgaard & Ståhl, 2018). Disse analyser baserer sig alle på opgørelser af klimaeffekter foretaget af DCA (Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug) ved Aarhus Universitet (se Olesen et al., 2018). Der kan dog være nogen usikkerhed forbundet med nogle af de angivne sideeffekter, da den præcise effekt kan være koblet til implementeringen. De tidsmæssige rammer for dette projekt har ikke muliggjort en ny kvantitativ analyse af alle sideeffekter for alle virkemidler. De foreslåede scenarier er derfor alene vurderet i forhold til klimagasser (CO₂e) og kvælstofudvaskning fra rodzonen, men ikke i forhold til fx lugt. Gennemgangen er fokuseret på effekterne i 2030, mens de opgjorte effekter i 2020 fremgår af tabel C i appendiks C. Når man i højere grad har udvalgt, hvilke scenarier der skal indgå i reguleringen, foreslås det, at sideeffekter og afledte dynamiske effekter på fx forbrug af handelsgødning og omfang af lattergasemission revurderes.

Som tidligere angivet, kan en lavere ammoniakemission omsættes til mere N tilført afgrøden, og det kan enten øge udvaskningen og/eller reducere forbruget af handelsgødning. Men disse ændringer kompliceres af, at det højere N-indhold øger risikoen for ammoniak- og lattergasemission i de efterfølgende led. I denne analyse antages det som udgangspunkt, at N-udvaskningen er uændret, og at det dermed i nogle tilfælde er indregnet en substitution i forhold til handelsgødning, hvilket følger de antagelser, der er foretaget i opgørelser af klimaeffekter (Olesen et al., 2018). Det kan være, at denne substitution i praksis vil kræve, at udnyttelseskravet for kvælstof i fx forsuret gylle øges. Imidlertid er denne effekt ikke kvantificeret, og der indgår ikke en genberegning af en eventuel reduktion af lattergasemissionen.

I forhold til omfanget af kvælstof fra husdyrgødning er der heller ikke i andre fremskrivninger (Nielsen et al., 2018) foretaget en kobling således, at en stigning i kvælstof fra husdyrholdet medfører en reduktion i forbruget af handelegødning eller omvendt.

3.1 Scenarie 1: Øget miljøteknologi i stalden

Luftrensning har ingen effekt på CO₂-emissionen, da den, som anført i teknologibladene, ikke ændrer på metanemissionen. Der kan produceres mindre mængder af lattergas ved biologisk luftrensning, men omfanget er ukendt. Væskens ammoniumkoncentration er stabil og kan køres direkte ud på markerne som gødningstilskud eller hældes direkte i gylletanken. Her antages det, at luftrensning ikke har nogen effekt på N-udvaskningen, men som anført kan det betyde, at forbruget af handelsgødning skal reduceres. Luftrensningen er koblet til en husdyrproduktion, der producerer cirka 2,8 mio. tons svinegylle, men der er ikke indregnet nogen sideeffekter.

Gylleforsuring reducerer udledningen af metan og lattergas, men der kommer en mindre forøgelse af CO₂-emissionen. Ved forsuring af 3,2 mio. tons svinegylle og 3,4 mio. tons kvæggylle opnås i klimaanalysen en reduktion på 128.000 tons CO₂-ækvivalenter for forsuret svinegylle og 48.000 tons CO₂-ækvivalenter for forsuret kvæggylle (Dubgaard & Ståhl, 2018). Den opgjorte effekt anvendt her er 16 kg CO₂-ækvivalenter fra kvæggylle og 44 kg CO₂-ækvivalenter fra svinegylle (se også Olesen et al., 2018). I denne opgørelse indgår 100 procent substitution af handelsgødning, hvorfor der fx spares cirka 0,7 kg N fra handelsgødning pr. ton forsuret gylle, der tilføres på slagtesvinebedrifter (Dubgaard & Ståhl, 2018).

Med udgangspunkt i en effekt på 44 kg CO₂-ækvivalenter pr. ton svinegylle og 16 kg CO₂-ækvivalenter pr. ton kvæggylle fås en samlet effekt på 114.400 tons CO₂-ækvivalenter ved øget forsuring i scenarie 1 i 2030. Der er ikke ændringer i N-udvaskningen som tidligere anført (Dubgaard & Ståhl, 2018). Der indgår ikke nogen effekt for 2020, da virkemidlet iværksættes efter 2020.

3.2 Scenarie 2: Fast overdækning af gyllebeholder for svinegylle

Det antages, at 40/45 procent af den samlede mængde kvæggylle/svinegylle i 2020 bliver opbevaret i gyllebeholdere med fast overdækning, og at dette stiger til 60/65 procent i 2030. Dette svarer til, at en mængde på 16,3 mio. tons gylle i 2020 er overdækket, og at 24,9 mio. tons gylle er opbevaret i en beholder med fast overdækning i 2030.

Overdækning af gyllebeholdere indgik i analysen i IFRO rapport 221 fra 2013 (Dubgaard et al., 2013). Analysen omfattede dengang overdækning af 40 procent af den samlede gyllemængde eller 16 mio. tons gylle. Effekten blev opgjort til 78.000 t CO₂-ækvivalenter eller 5 kg CO₂ pr. ton gylle, hvilket genfindes i andre analyser (Olesen, 2009).

Med yderligere 16,3 mio. tons gylle i 2020 og 24,9 mio. tons i 2030 set i forhold til 2005 er effekten af fast overdækning opgjort til 82 mio. kg CO₂ i 2020 og 124,5 mio. kg CO₂ i 2030. Der opnås en relativt stor effekt, fordi overdækning ikke har indgået i tidligere analyser af ammoniak effekter. Set i forhold til 2016 kan effekten opgøres til 20,5 mio. kg CO₂ i 2020 og 64 mio. kg CO₂ i 2030 baseret på fast overdækning af yderligere 4,1 og 12,8 mio. tons gylle.

3.3 Scenarie 3: Forsuring af gylle ved udbringning af husdyrgødning

Øget forsuring af svinegylle omfattede 20 procent eller cirka 3,9 mio. tons gylle. Forsuring i marken adskiller sig fra forsuring i stalden ved, at der ikke er en effekt på metan (Kai et al., 2015). Der er således ingen eller en meget begrænset direkte klimaeffekt (Olesen et al., 2018).

3.4 Scenarie 4: Reduktion af handelsgødningstyper med høj ammoniakemission

Ved forbud mod anvendelse af handelsgødning med høj emission forventes man at skifte til en blanding af de nu anvendte typer handelsgødning. Det antages, at dette ikke har nogen effekt på CO₂-emissionen eller på udvaskningen af kvælstof fra rodzonen, da den tilførte mængde N er den samme.

3.5 Scenarie 5: En reduktion i anvendelsen af det totale forbrug af handelsgødning

Lavere forbrug af handelsgødning som et selvstændigt virkemiddel reducerer CO₂-emissionen. De beregnede effekter har i klimaanalysen baggrund i en højere pris på N, der reducerer forbruget. Den højere pris på N i klimaanalysen skyldes øgede omkostninger til N-inhibitorer, og analysen omfatter kun effekten på lattergasemissionen i Danmark. Den højere kvælstofpris reducerer N-forbruget med 9,9 kt N, hvilket giver en effekt på 52 kt CO₂ svarende til cirka 5 kg CO₂ pr. kg N i handelsgødning (niveauet er bekræftet af Søren O. Petersen, DCA, Aarhus Universitet). Da der her regnes med en effekt på cirka 35.000 tons N i 2030, vil effekten være omkring 184.000 t CO₂. N-udvaskningen i rodzonen reduceres med 20 procent eller 7.000 tons N (Børgesen et al., 2015). For 2020 er effekten cirka 33.000 tons N og omkring 165.000 tons CO₂. N-udvaskningen i rodzonen reduceres med 20 procent eller 6.600 tons N.

3.6 Scenarie 6: Fastholdelse af husdyrproduktionen

Gyllemængden fra køer udgør 21,8 mio. tons gylle i 2030, og en 9 procent reduktion svarer til en reduktion på cirka 2,0 mio. tons gylle. CO₂-emissionen er i FOI Rapport 205 opgjort til 5,3 tons CO₂ pr. ko (Dubgaard et al., 2010). En reduktion på 56.000 køer (9 procent) giver således en reduktion på cirka 297.000 tons CO₂. Effekten af den lavere husdyrproduktion set i forhold til ændringer i N-udvaskningen indgår ikke i analysen, og det gør eventuel ændret arealanvendelse heller ikke. Det vil dog normalt antages, at en lavere andel husdyrgødning vil reducere N-udvaskningen.

For svineproduktionen angiver FOI Rapport 205 (Dubgaard et al., 2010), at en reduktion på 102.000 dyreenheder giver en reduktion på 143.000 tons CO₂. Dette svarer til 1,4 tons CO₂ pr. dyreenhed. Ændringen i denne analyse udgør 70.000 søer (4,4 styk pr. dyreenhed) og 3 mio. smågrise (208 styk pr. dyreenhed) eller cirka 30.000 dyreenheder. Omregnet giver det en effekt på omtrent 42.000 tons CO₂ i 2030. For 2020 er den samlede reduktion 19.000 køer og 23.000 dyreenheder i svineproduktionen svarende til en reduktion på i alt 132.900 tons CO₂ (100.700+32.200).

3.7. Opsamling

Som det fremgår af tabel 9, så er der for de fleste scenarier en CO₂-effekt i 2030, mens der kun for få af de angivne scenarier er en direkte effekt på N-udvaskningen. Som angivet kan der være en afledt effekt for nogle scenarier på N-udvaskningen, men dette er ikke indregnet her. Det vil alt andet lige betyde en lavere N-udvaskning end tidligere. Den lavere N-udvaskning indgår således heller ikke i de analyser, der er foretaget af DCA i forhold til klimavirkemidler (Olesen et al., 2018), da de er baseret på en justering af forbruget af handelsgødning, men det er dog ikke opgjort. Effekten i 2020 er mindre, specielt for scenarie 1, da dette virkemiddel ikke forventes at kunne gennemføres før efter 2020.

Tabel 9. Sideeffekter i form af CO₂ og N-udvaskning for de udvalgte scenarier i 2030

Scen.	Virkemiddel	Omfang	CO ₂ (t CO ₂)	Reduceret N- udvaskning i rodzonen (t N)
1	Øget staldteknologi - Luftrensning - Staldforsuring (svin) ^a - Staldforsuring (kvæg) ^a	2,8 mio. t svinegylle 1,8 mio. t svinegylle 2,2 mio. t kvæggylle	0 79.200 35.200	0 0 0
2	Fast overdækning af gyllebeholdere ^a (effekt i forhold til 2016)	24,9 mio. t gylle	124.500 (64.000)	0 (0)
3	Forsuring i marken ^a	3,6 mio. t gylle	0	0
4	Forbud mod anvendelse af gødning med høj emission	6 mio. kg N	0	0
5	Lavere forbrug af handelsgødning	35 mio. kg N	184.000	7.000
6	Køer (-56.000) (-9 %) ^a Søer og smågrise (-70.000 og -3 mio.) (-8 %) ^b	2 mio. t kvæggylle 0,7 mio. t svinegylle	297.000 42.000	0 0

^{a)} Ved denne teknologi antages det, at forbruget af handelsgødning reduceres, så den samlede tilførsel af N er uændret. Der er dog ikke indregnet en effekt af dette.

^{b)} I scenarie 6 antages der ikke at være ændringer i CO₂-emissionen for andre husdyrtyper end kvæg og svin. I grundscenariet burde den højere husdyrproduktion give sig udslag i mindre indkøb af handelsgødning over tid, men en øget udvaskning. Omvendt vil et lavere antal husdyr i dette scenarie i princippet øge forbruget af handelsgødning, men reducere N-udvaskningen i forhold grundscenariet.

Kilde: Dubgaard og Ståhl (2018) samt egne beregninger

4. Omkostningerne ved virkemidler til reduktion af ammoniakemission i 2020 og 2030

4.1. Driftsøkonomisk opgørelse

Det er i de driftsøkonomiske opgørelser fokuseret på omkostningerne i 2030, da ikke alle virkemidler implementeres i 2020. Der kan dog være behov for en selvstændig vurdering af, hvornår de øgede omkostninger skal afholdes, da nogle teknologier implementeres løbende fra 2020 til 2030. Som anført er implementeringsform ikke valgt, hvorfor de administrative omkostninger ikke indgår i omkostningsvurderingen. I de tilfælde hvor teknologier implementeres over en længere periode, vil investeringerne og driftsomkostningerne reelt også være fordelt over denne periode. De opgjorte omkostninger er de årlige omkostninger omfattende både investeringer og de løbende omkostninger.

4.1.1 Scenarie 1: Øget miljøteknologi i stalden

For luftrensning er der her taget udgangspunkt i kemisk luftrensning og de gennemførte beregninger for slagtesvin i Jacobsen og Ståhl (2018). Omkostningen er opgjort pr. dyreenhed, og beregningerne er anvendt på so- og smågriseproduktionen, selvom det kan være et problem, idet omkostningen pr. dyreenhed kan være højere for smågrise end for søer og slagtesvin. Der tages her udgangspunkt i luftrensning med 60 procent, da det er mest omkostningseffektivt. Omkostningerne er opgjort til 495 kr. pr. dyreenhed for et anlæg til 500 dyreenheder, hvilket svarer til 13 kr. pr. slagtesvin eller 23 kr. pr. ton gylle baseret på 39 slagtesvin pr. dyreenhed og 21,1 tons gylle pr. dyreenhed (Jacobsen & Ståhl, 2018).

Analyser fra SEGES i relation til månegrisprojektet (Bendt Ib Hansen, SEGES Videncenter for Svineproduktion, personlig kommunikation) angiver, at omkostningerne ved kemisk luftrensning (delrens) er 7-9 kr. pr. slagtesvin og 6-8 kr. pr. slagtesvin ved delrens biologisk luftrensning. Dette svarer til ca. 11-15 kr. pr. ton gylle. Når disse omkostninger er lavere, kan det skyldes, at omfanget af rensning er lavere (20 procent). Omkostningerne ved 100 procent luftrensning er således 18-24 kr. pr. slagtesvin eller 34-45 kr. pr. ton gylle.

Ved et omfang på 2,8 mio. tons gylle og 23 kr. pr. ton vil luftrensningen i scenarie 1 koste omkring 64 mio. kr. årligt. Det anbefales dog, at der laves detaljerede beregninger, når fordelingen på bedriftstyper kendes nærmere.

Staldforsuring er i denne analyse forbeholdt kvægproduktionen. I den økonomiske analyse foretaget af Jacobsen og Ståhl (2018) er omkostningen opgjort til 376 kr. pr. ko ved 500 dyreenheder, hvilket svarer til 12 kr. pr. ton gylle ved 30,5 tons gylle pr. årsko. Det er højere end direkte angivet af DCA (2016), der angiver et niveau på 158 kr. pr. årsko eller 5 kr. pr. ton gylle. Omvendt synes de årlige budgetomkostninger ved staldforsuring i Dubgaard og Ståhl (2018) at være højere, nemlig 23 kr. pr. ton gylle baseret på diskontering af både omkostninger og gyllemængde. Forsuringen af 4 mio. tons gylle antages her at koste 12-20 kr. pr. ton gylle svarende til 48-80 mio. kr. årligt.

Samlet skønnes omkostningerne ved luftrensning og forsuring at udgøre omkring 112-144 mio. kr. årligt i 2030, når scenariet er fuldt ud implementeret. For en nærmere opgørelse af omkostningstyperne henvises blandt andet til Jacobsen og Ståhl (2018). Dette scenarie iværksættes efter 2020 og der er derfor ikke nogen omkostninger i 2020.

4.1.2 Scenarie 2: Fast overdækning af gyllebeholder for svinegylle

Fast overdækning vælges i dag af en del bedrifter for at overholde de opstillede krav i miljøgodkendelsen. En del gør det dog fordi meromkostningen er begrænset, da overdækningen betyder, at de kan spare cirka en meter i højden af gyllebeholderen (der kommer ikke nedbør i beholderen). Endelig vælger en del landmænd overdækning for at stå sig godt med naboerne. En overdækning koster ifølge fabrikanter typisk 200.000 kr. (Perstrup, personlig meddelelse; Dubgaard et al., 2013), og med en beholder på cirka 5.000 tons så svarer det til en meromkostning på cirka 17.980 kr. pr. år eller 3,5 kr. pr. m³ (baseret på en levetid på 15 år og en diskonteringsrente på 4 procent).

Prisforskellen på en 4,5 meter og en 5 meter beholder er cirka 65.000 kr., idet der antages en beholder med en dybde på 5 meter i udgangspunktet (5.000 tons gylle * 90 kr. pr. m³ (5 meter) = 450.000 kr.) over for en beholder (kun 4,5 meter høj grundet mindre nedbør) på 4.500 tons gylle * 85 kr. pr. m³ = 385.000 kr. Radius er 18 meter, således at arealet er 1.000 m². Nettoudgiften ved overdækning er nu cirka 135.000 kr. pr. beholder eller cirka 12.000 kr. pr. år eller 2,5 kr. pr. ton gylle.

Dertil kommer, at der typisk vil være lavere udbringningsomkostninger. Det kan efter fordampning være cirka 500 tons, der ikke skal udbringes, og med 15 kr. pr. ton i udbringningsomkostninger giver det en besparelse på cirka 9.000 kr. pr. år (2 kr. pr. ton gylle i beholderen). Endelig kan der indregnes værdien af den opsamlede ammoniak, som i tidligere analyser antages at være cirka 0,05 kg N pr. m³ (1 procent øget udnyttelse af total N) (DCA, 2016). Dette kan værdisættes til op til 0,5 kr. pr. ton gylle, men igen afhænger det af, om det reelt udnyttes i marken. Endelig vil en teltdug typisk betyde, at udbringningen besværliggøres, og dette er anslået at koste cirka 0,5 kr. pr. ton gylle (DCA, 2016).

Der regnes i denne analyse med en omkostning på cirka 1 kr. pr. år pr. ton gylle, men omkostningerne kan variere, som tidligere angivet (fra cirka -1 til +2 kr. pr. ton). Som tidligere anført betyder det højere N-indhold, at forbruget af handelsgødningen reduceres, hvilket skulle betyde, at lattergasemissionen kan reduceres. Omvendt betyder det mere koncentrerede indhold af NH₃, at risikoen for lattergasemission er højere.

Overdækning af gyllebeholder er også beregnet i DCA (2016). I beregningen er levetiden omkring 20 år, og værdien af opsamlet kvælstof indgår også. Omkostningen udgør her 40 kr. pr. dyreenhed for slagtesvin, 38 kr. pr. dyreenhed for søer og 74 kr. pr. dyreenhed for malkekøer ved 500 dyreenheder. Dette svarer i gennemsnit cirka 2,0 kr. pr. ton gylle. Der indgår 21,1 tons gylle pr. dyreenhed for slagtesvin, 17,8 tons gylle pr. dyreenhed for søer og 41 tons gylle pr. dyreenhed for malkekøer. De højere omkostninger i analysen fra DCA skyldes, at overdækningen koster cirka 330.000 kr. ved en beholder til 5.200 tons gylle, hvor der ovenfor blev anvendt en omkostning på cirka 200.000 kr. Dette øger omkostningen med cirka 2 kr. pr. ton gylle. De sparede omkostninger ved en mindre beholder indgår, men omvendt indgår omkostninger til oprensning på mink- og kvægbedrifter (MST, 2010) ikke i analysen (DCA, 2016).

Den mængde, der er omfattet, udgør 12,1 mio. tons, 16,2 mio. tons og 24,8 mio. tons gylle i henholdsvis 2015, 2020 og 2030. Ideen er, at krav om overdækning følger i takt med, at de gamle beholdere skal udskiftes, og der er således ikke et krav om overdækning af eksisterende beholdere.

Den årlige meromkostning til fast overdækning udgør herefter op til 12, 16 og 25 mio. kr. om året i 2015, 2020 og 2030 set i forhold til et udgangspunkt uden overdækning. Set i forhold til 2015 så vil den faktiske meromkostning være 4 og 13 mio. kr. i 2020 og 2030.

4.1.3 Scenarie 3: Forsuring af gylle ved udbringning af husdyrgødning

Den meromkostning, der er koblet til investeringen, omfatter afskrivning og forrentning af anlægget, men det vil i praksis ofte være en maskinstation, der udfører opgaven. Det vil her være muligt at sammenligne udbringning med og uden forsuring. Markforsuring vil typisk koste 4 kr. pr. ton gylle mere end ved slangeudbringning (Biocover, 2018). Der vurderes, at der vil være en vis variation, da også andre forhold såsom kapacitet i forhold til udbringningen spiller ind. Dertil kommer køb af syre, som udgør cirka 1,5 kr. pr. liter. Der tilsættes typisk 1,5-3 liter syre pr. ton gylle, men dette kan også variere. Ved en tildeling på 30 tons gylle pr. ha er merudgiften således omkring 190-250 kr. pr. ha eller 6,3-8,3 kr. pr. ton gylle. Skamstrup maskinstation angiver til sammenligning en omkostning på 7 kr. pr. ton ved forsuring (inklusive syre).

Der kunne tidligere, som følge af begrænsninger i N-normer, forventes en udbyttefremgang ved brug af forsuring. Den havde en højere værdi end prisen på N. Der er nu med de højere N-normer mulighed for at købe mere handelsgødning, men der indregnes her en gevinst af højere udbytte på cirka 0,3 hkg pr. ha i hvede svarende til cirka 30-45 kr. pr. ha ved en kornpris på 100-150 kr. pr. hkg. Dette svarer til en reduktion i forbruget af handelsgødning på cirka 5-8 kg N pr. ha og en øget udnyttelse af husdyrgødningen på cirka 5 procent

Endvidere er der en besparelse på køb af svovl, som udgør cirka 2,0 kr. pr. kg og en mængde på cirka 12 kg S pr. ha eller cirka 25 kr. pr. ha. Den samlede nettoudgift er herefter omkring 120-185 kr. pr. ha eller cirka 5 kr. pr. ton gylle. Øget forsuring af 3,8 mio. tons gylle i 2020 koster herefter cirka 19 mio. kr. årligt, mens den øgede forsuring af 3,6 mio. tons gylle i 2030 udgør 18 mio. kr. årligt i 2018-kr.

Tabel 10. Forsuring af gylle i marken pr. ton gylle og pr. ha ved 30 tons gylle pr. ha

	Pr. ha	Pr. ton gylle
Meromkostning til udbringning	120	4,0
Køb af syre	70-135	2,3-4,5
Højere udbytte/sparet køb af handelsgødning	-45	-1,5
Sparet køb af svovl	-25	-0,8
I alt	120-185	4-6

Kilde: Egne beregninger

4.1.4 Scenarie 4: Reduktion af handelsgødningstyper med høj ammoniakemission

Hvad angår ophør med anvendelse af handelsgødning med høj ammoniakemission, så vurderes det, at dette typisk kun vil give anledning til mindre ændringer i udbyttet, men de er ikke kvantificerede i dette projekt. Når disse gødningstyper bruges, skyldes det som tidligere angivet, at en høj andel af N er i ammoniumform, og fordi den forsurende effekt betyder, at man ikke skal tilføre yderligere mangan. Det er her også muligt at skifte til ammoniumsulfatsalpeter. Men en mulig meromkostning vil således være indkøb af mangan (en tilførsel på 2-3 kg mangan pr. ha eller cirka 14-20 kr. pr. ha).

En opgørelse af en svovlsur gødning (fx NS 21-24) set i forhold til en NPK-gødning (21-4-10 med S og Mg) viser, at opgjort pr. kg N er NPK-gødningen lidt dyrere (cirka 0,8 kr. pr. kg N), når P, K og S tillægges en værdi (DLG-Øst, personlig meddelelse efteråret 2018). Det vurderes, at disse prisforhold er typiske for markedet.

Hvad angår urea, så har fordampning af kvælstof fra gødningen afholdt mange danske landmænd fra at bruge det, men man kan ved tilsætning af inhibitor, blandt andet Agrotain, reducere ammoniakfordampningen (Kelstrup, 2014). Såfremt urea er 1 kr. pr. kg N billigere, vil et forbud omfattede 1.000 tons N koste 1 mio. kr. Der er ikke lavet en konkret vurdering vedrørende svovlsur ammoniak, men det vurderes, at der kan være meromkostninger på 1-2 mio. kr., når muligheden for at anvende svovlsur ammoniak bortfalder, og der skal købes mangan i stedet.

Der er her ikke angivet et detaljeret bud på den samlede meromkostning, men der er anvendt et skøn på mellem 2 og 10 mio. kr. Der regnes således ikke med en omkostning for langt de fleste bedrifter, men det kan for nogle bedrifter være en undervurdering af de faktiske omkostninger, hvorfor dette aspekt bør analyseres nærmere, såfremt dette tiltag ønskes implementeret.

4.1.5 Scenarie 5: En reduktion i anvendelsen af det totale forbrug af handelsgødning

Det er tidligere antaget, at anvendelsen af handelsgødning stiger i forhold til forbruget i 2016 og 2017. I dette scenarie fastholdes forbruget på niveauet i 2016-17. Når der tidligere er regnet med en højere anvendelse af handelsgødning, så skyldes det en antagelse om, at langt hovedparten af den forhøjede N-norm ville blive anvendt. I praksis har det vist sig, at det kun er cirka 55-60 procent af den yderligere mængde, som er anvendt i 2016 og 2017. Det er således ikke alle, der har behov for at udnytte de N-normer, der i dag er opstillet.

På den ene side så vil øgede genetiske tiltag betyde, at gødningsbehovet over tid vil stige, hvorfor en fastlåsning af forbruget på den anvendte mængde i 2017 vil betyde, at der fremover sker en stigende undergødskning på nogle bedrifter. Omvendt så er der i grundfremskrivningen en stigning i husdyrproduktionen, som reducerer behovet for køb af handelsgødning. Endelig vil den vedtagne regulering og målrettet regulering frem mod 2021 betyde, at landmænd vil overveje at reducere N-normer under den mængde, der anvendes i dag.

En opgørelse af den marginale værdi af N ved en lavere anvendelse af handelsgødning er således kompliceret, idet der endnu ikke er foretaget en egentlig analyse af omkostningerne ved lavere normer med udgangspunkt i den faktiske anvendelse, efter at normerne blev hævet til det økonomisk optimale niveau. IFRO, KU forventer at lave denne analyse i foråret 2019. Indtil da anvendes analysen udarbejdet i 2016 omkring erhvervsøkonomiske konsekvenser af lavere normer (Jacobsen & Ørum, 2016). Her angives det, at en 7 procent reduktion i hvede koster 30 kr. pr. ha for cirka 10 kg N pr. ha i reduceret tildeling ved en kornpris på 133 kr. pr. hkg. Tabet vil være lavere for grovfoder, og her anvendes derfor et skøn for tabet på 1-3 kr. pr. kg N frem mod 2030. Dette er et gennemsnit af bedrifter, der ikke har behov for den højere N-norm (fx deltidsbedrifter med planteavl) (tab er tæt ved nul) og for bedrifter (fx kvæg og svin) med høj husdyrintensitet, der har udnyttet kvoten fuldt ud. Det lavere forbrug udgør 35 mio. kg N i 2030 set i forhold til fremskrivningen, og omkostningen er således skønnet til 35-105 mio. kr. årligt.

4.1.6 Scenarie 6: Fastholdelse af husdyrproduktionen

Der er store usikkerheder forbundet med at beregne omkostningerne ved en mindre end forventet udvidelse af husdyrproduktionen. Hvis den lavere udvidelse skyldes mere ugunstige prisforhold end forventet i fremskrivningen, kan det således antages, at de, der nu ikke udvider produktionen, er dem, som ville have tabt penge på udvidelsen, hvorfor den manglende indtjening er begrænset eller måske nul. Hvis

det derimod skyldes andre restriktioner (fx miljø), ville der være tale om et indkomsttab i sektoren, som modsvares af en lavere miljøpåvirkning.

Det antages her som minimum, at den tabte indtjening svarer til gennemsnitsindtjeningen over en årrække. Der er ved opgørelsen af indtjeningen taget udgangspunkt i den gennemsnitlige driftsindtjening for heltidsbedrifter efter ejeraflønning i Danmarks Statistik, (Danmarks Statistik, 2018). Den er for 2012-2017 opgjort til -438 kr. pr. malkeko, 379 kr. pr. årso og -5 kr. pr. slagtesvin. Dette svarer til -329 kr. pr. dyreenhed for malkekøer, 1.667 kr. pr. dyreenhed for søer og -200 kr. pr. dyreenhed for slagtesvin. For fjerkræ er indtjeningen efter ejeraflønning 822 kr. pr. dyreenhed, og for mink er den 5.162 kr. pr. dyreenhed. Der vil således for nogle driftsgrene være et begrænset indkomsttab, såfremt der tages udgangspunkt i den gennemsnitlige indtjening over de sidste 5 år efter ejeraflønning. I denne analyse bruges dette indtjeningsniveau som et estimat for det lave niveau for indkomsttab, og der anvendes her et gennemsnitligt niveau på 1.000 kr. pr. dyreenhed for alle grupper, selvom de svinger fra -329 til +5.162 kr. pr. dyreenhed.

Det er imidlertid også relevant at tage udgangspunkt i indtjeningen for de bedrifter, der i dag har den højeste indtjening, da de sandsynligvis har midler og kan skaffe midler, der gør, at de vil være blandt dem, der udvider. Der er derfor valgt at beregne indtjeningen pr. dyreenhed (ejeraflønning efter driftsleder-aflønning) for den gruppe af bedrifter, der har den højeste indtjening, hvilket typisk er den gruppe, der indeholder de største bedrifter i de enkelte kategorier (Danmarks Statistik, 2018). Baseret på dette har indtjeningen de sidste 5 år været 346 kr. pr. dyreenhed for køer, 2.289 kr. pr. dyreenhed for søer og 323 kr. pr. dyreenhed for slagtesvin. Der er ikke for mink og fjerkræ lavet samme opdeling over denne tidsperiode, hvorfor der ikke er en opgørelse for de største bedrifter. Opgørelser for den kvartil med det bedste driftsresultat viser et overskud efter ejeraflønning på 3.900 kr. pr. dyreenhed for fjerkræ og 6.100 kr. pr. dyreenhed for pelsdyr for 2015-2017. Der er valgt et maksimumsniveau på 2.500 kr. pr. dyreenhed. Til sammenligning blev der i den tidligere klimaanalyse fra 2010 anvendt et forventet dækningsbidrag på 1.867 kr. pr. dyreenhed for søer og smågrise (Dubgaard et al., 2010).

På baggrund af ovenstående anvendes et niveau på 1.000-2.500 kr. pr. dyreenhed i denne beregning. Som anført ligger minimumsniveauet for indtjeningstab over niveauet for gennemsnittet, og maksimumsniveauet er stort set det, som den bedste gruppe tjener (svin og kvæg). Der er som anført betydelig usikkerhed om omkostningen, og der kan argumenteres for, at intervallet i virkeligheden skulle være større for både at dække dem, der ikke får en merindtjening, og dem, der får en endnu højere merindtjening end det angivne maksimumsbeløb.

For 2020 vil den lavere bestand og produktion udgøre 62.000 søer og cirka 2,2 mio. smågrise svarende til $14.100 + 10.600 = 24.700$ dyreenheder. For slagtesvin reduceres produktionen med 66.000 styk årligt eller 1.700 dyreenheder, og en reduktion på 19.000 køer svarer til 14.250 dyreenheder. For fjerkræ reduceres produktionen med 23 mio. (7.700 dyreenheder), og for pelsdyr reduceres bestanden med 177.000 styk (6.100 dyreenheder). Samlet er produktionen således cirka 54.450 dyreenheder lavere i 2020. Med et indtjeningstab på 1.000-2.500 kr. pr. dyreenhed giver det et indtjeningstab på cirka 55-136 mio. kr. årligt med udgangspunkt i produktionsændringen i 2020.

For 2030 vil den lavere bestand og produktion udgøre 70.000 søer og 3 mio. smågrise svarende til $16.000 + 14.400 = 30.000$ dyreenheder. For slagtesvin reduceres produktionen med 410.000 årligt eller 10.500 dyreenheder, og en reduktion på 56.000 køer svarer til 42.000 dyreenheder. For fjerkræ reduceres

produktionen med 24 mio. (8000 dyreenheder), og for pelsdyr reduceres bestanden med 784.000 styk (27.000 dyreenheder). Samlet er produktionen således cirka 117.500 dyreenheder lavere i 2030. Med et indtjeningstab på 1.000-2.500 kr. pr. dyreenhed giver det et årligt tab på 118-294 mio. kr. frem til 2030.

Tabel 11. Samlet effekt på budgetomkostning samt budgetomkostning pr. kg N i 2030

			Reduktion i 2030	Omkostning	Omkostnings- effektivitet
Nr.	Beskrivelse	Gylle * (mio. t)	t NH ₃	mio. kr. pr. år	kr. pr. kg NH ₃
1	Øget teknologi i stalden - Luftrensning - Staldforsuring (svin) - Staldforsuring (kvæg)	2,8 (S) 1,8 (S) 2,2 (K)	2.046	112-144	55-70
2	Fast overdækning (med udgangspunkt i 2015)	24,8 (mix) (12,7)	1.005 (508)	25 (13)	25 (13)
3	Forsuring af gylle ved udbringning	3,8 (S)	961	19	20
4	Forbud mod handelsgødning med høj emission	6 mio. kg N	932	2-10	2-11
5	Lavere forbrug af handelsgødning end forventet	35 mio. kg N	1.058	35-105	33-99
6	Fastholdelse af husdyrproduktionen 2020 til 2030 (svin, kvæg, fjerkræ og mink)	2,0 (K) 0,7 (S)	3.271	118-294	36-90

* (S) er svin og (K) er køer

Note: For fast overdækning er der både taget udgangspunkt i 2005 og 2016.

4.2. Samfundsøkonomisk opgørelse

I den samfundsøkonomiske analyse er omkostningerne i første omgang omregnet til samfundsøkonomiske omkostninger ved at gange de budgetmæssige omkostninger med nettoafgiftsfaktoren (1,325 som angivet af Finansministeriet (2017) (se tabel 14). Der er ikke andre ændringer, da der ikke antages at være ændringer i fx tilskud fra EU, men alene øgede omkostninger for landmanden. De anvendte implementeringsinstrumenter indgår ikke i analysen.

Dernæst er de opgjorte sideeffekter indregnet. Der er her anvendt en samfundsøkonomisk skyggepris som angivet i tabel 12. Priserne følger de priser, som er anvendt i tidligere analyser, og for de lave værdier er anvendt henholdsvis 324 kr. pr. ton CO₂ som angivet i fremskrivning fra 2017 af Energistyrelsen (2017, tabel 11) og 25 kr. pr. kg N-udvaskning fra rodzonen som anvendt i Dubgaard og Ståhl (2018). Den høje værdi er angivet til 60 kr. pr. kg N som i Dubgaard og Ståhl (2018) og 900 kr. pr. ton CO₂ som anvendt i Jacobsen og Jensen (2014). Analysen kan således belyse, om indregning af sideeffekter ændrer rangordningen af scenarierne, og endvidere om anvendelsen af høje skyggepriser yderligere påvirker denne rangordning.

Tabel 12. Anvendte skyggepriser i velfærdsøkonomisk beregning inklusive nettoafgiftsfaktoren

	Udgangspunkt	Høj pris
CO ₂ (kr. pr. ton CO ₂)	324	900
N-udvaskning (kr. pr. kg N udvasket fra rodzonen)	25	60

Note: I en nyere fremskrivning fra Energistyrelsen i november 2018 anvendes der et niveau på 329 kr. pr. ton CO₂, hvilket er på niveau med det her anvendte.

Kilder: Dubgaard og Ståhl (2018); Energistyrelsen (n/d); Jacobsen og Jensen (2014).

Tabel 13 angiver de samfundsøkonomiske omkostninger før sideeffekter, samt den omregnede værdi af sideeffekterne (CO₂ og N-udvaskning fra rodzonen). Endelig er de samlede samfundsøkonomiske omkostninger efter indregning af sideeffekter til den gennemsnitlige værdi opgjort. Som det fremgår, er den samfundsøkonomiske NH₃-omkostning ved lavere anvendelse af handelsgødning nu negativ, da gevinsten ved lavere CO₂ og N-udvaskning er højere end den skønnede omkostning uden sideeffekt. Såfremt der anvendes de høje skyggepriser, så er de samfundsøkonomiske NH₃-omkostninger ved fast overdækning og uændret antal husdyr også negative.

Det fremgår af bilag C, at omkostningerne for virkemidlerne opgjort i 2020 minder meget om niveauet i 2030. For de fleste virkemidler indgår stort set samme effekt i 2020, da det for scenarierne 2-5 gælder stort set samme antagelser. Scenarie 1 forventes iværksat senere, og scenarie 6 har en noget større effekt i 2030 end i 2020. Det kan reelt være en administrativ udfordring at nå at få implementeret flere af virkemidlerne, således at den fulde effekt opnås i 2020.

Tabel 13. Samfundsøkonomisk opgørelse med og uden sideeffekt i 2030 (mio. kr. årligt)

Nr.	Virkemiddel	Samfundsøk. uden sideeffekt	CO ₂	N- udvaskning	Samfundsøk. med sideeffekt (udgangspunkt)	Samfundsøk. med sideeffekt (høj pris)
1	Staldteknologi	170	-37	0	133	67
2	Fast overdækning (i forhold til 2005) (i forhold til 2015)	33 (17)	-40 (-21)	0 0	-7 (-4)	-79 (-41)
3	Forsuring ved udbringning	25	0	0	25	25
4	Forbud mod anvendelse af handelsgødning med høj emission	7	0	0	7	7
5	Lavere forbrug af handelsgødning	116	-60	-175	-119	-470
6	Uændret antal dyr i 2030 i forhold til i dag	273	-110	0	163	-32

Note: Tabellen er baseret på gennemsnitsværdier fra tabel 11.

Note: Det er i andre analyser antaget, at virkemidlerne ikke vil have en effekt på N-udvaskningen, idet der enten antages, at der ikke er noget krav om øget N-udnyttelse, eller at der sker en justering af forbruget af handelsgødning, så udvaskningen er uændret. Hvis landmanden køber mindre handelsgødning, vil det givet føre til lavere udledninger af lattergas, men beregningen kompliceres af, at fx forsuring jo medfører, at der vil være et højere N-indhold i gyllen (som følge af mindre ammoniakfordampning i stalden).

Kilde: Egne beregninger (se også Olesen et al., 2018)

Vurderet på omkostningseffektiviteten svinger omkostningerne uden sideeffekter fra 7 til 110 kr. pr. kg NH₃. Med skyggepriser, som i udgangspunktet, reduceres omkostningerne til 7-65 kr. pr. kg NH₃, og lavere forbrug af handelsgødning har nu negative omkostninger. Med anvendelse af de høje skyggepriser er intervallet nu fra -444 kr. til 33 kr. pr. NH₃. Der er således for tre scenarier en samfundsøkonomisk gevinst, idet omkostningerne er negative. Som anført er der for flere scenarier nogen usikkerhed om omkostningerne.

Det skal endnu en gang understreges, at resultaterne er følsomme over for antagelser omkring konsekvenserne af den øgede opsamling af ammoniak. Såfremt opsamlingen resulterer i en højere N-udvaskning, vil det øge omkostningerne specielt for scenarierne 1-3, der resulterer i, at mere N indgår i den udbragte husdyrgødning grundet lavere ammoniakemission. Omvendt vil krav om øget udnyttelse af husdyrgødningen sikre, at N-udvaskningen er uændret, mens forbruget af handelsgødning reduceres og CO₂-emissionen måske også reduceres. For scenarier koblet til husdyrproduktionen vil det i de detaljerede analyser være nødvendigt at se på, hvordan det påvirker forbruget af handelsgødning.

Tabel 14. Samfundsøkonomisk opgørelse i 2030 med og uden sideeffekt ved gennemsnitlig og høj skyggepris (kr. pr. NH₃)

Nr.	Virkemiddel	Samfundsøk. uden sideeffekt	Samfundsøk. med sideeffekt (alm. pris)	Samfundsøk. med sideeffekt (høj pris)
1	Staldteknologi	83 (73-93)	65 (54-75)	33 (22-43)
2	Fast overdækning	33	-7	-79
3	Forsuring ved udbringning	26	26	26
4	Forbud mod anvendelse af handelsgødning med høj emission	7	7	7
5	Lavere forbrug af handelsgødning end forventet	110 (44-175)	-112 (-178 - 46)	-444 (-378 - -510)
6	Uændret antal husdyr	83 (48-119)	50 (14-86)	-10 (26 - -45)

Anvendt skyggepris i grundscenariet er 324 kr. pr. CO₂ og 25 kr. pr. kg N udvasket fra rodzonen. Den høje pris er 900 kr. pr. tons CO₂ og 90 kr. pr. kg N.

Kilde: Egne beregninger

I udgangspunktet bør de marginale samfundsøkonomiske omkostninger ved virkemidler ikke overstige de samfundsøkonomiske gevinster. Det er i andre sammenhænge vurderet, at den samfundsøkonomiske gevinst ved lavere ammoniaktilførsel (helbredseffekt) i Danmark er omkring 75 kr. pr. kg NH₃ (ENA, 2011). Ammoniak indgår ikke i tidligere analyser af helbredseffekten fra DCE, men i en ny vurdering af helbredsomkostningerne er de opgjort til 331 kr. pr. kg NH₃ (Andersen, 2018). Dette er baseret på en vurdering af helbredsomkostningerne ved NH₃/NH₄-emissionen fra Danmark på 24,2 mia. kr. og en emission på 73.200 tons NH₃. Den højere beregningspris skyldes blandt andet en fordobling af værdien af et statistisk liv til 31,6 mio. kr. Der er således ingen af de foreslåede virkemidler, der har en omkostning, der ligger over denne samfundsøkonomiske gevinst, hverken med eller uden sideeffekter.

5. Afsluttende diskussion

I denne analyse er effekter og omkostninger ved udvalgte scenarier i forhold til reduktion af ammoniak-emissionen i 2020 og 2030 beskrevet. De udvalgte scenarier er 1) Øget miljøteknologi i stalden (luftrensning og forsuring), 2) Fast overdækning af gyllebeholdere, 3) Forsuring ved udbringning, 4) Forbud mod anvendelse af husdyrgødning med høj emission, 5) Lavere stigning i forbrug af handelsgødning end tidligere forventet og følsomhedsanalysen omfatter 6) Uændret antal husdyr i forhold til niveauet i 2014-2016. Analysen for 2020 viser samme billede som for 2030, hvorfor fokus her er på 2030. Dog indgår scenarie 1 om øget anvendelse af staldteknologi ikke i 2020. Endvidere er effekten af uændret antal husdyr noget lavere i 2020 end i 2030.

Resultaterne for 2030 er beskrevet i tabel 15, og det fremgår, at den største effekt (3,3 kt NH₃) opnås af uændret antal husdyr i 2030 i forhold til i dag (se også figur 1). Den næststørste effekt opnås ved øget implementering af staldteknologi. De budgetmæssige omkostninger udgør mellem 0 og 300 millioner kr. årligt, og de dyreste forventes at være uændret husdyrproduktion og mere miljøteknologi i stalden. Der er betydelig usikkerhed om omkostningerne ved ændret husdyrproduktion. Analysen af omkostnings-effektiviteten i den samfundsøkonomiske opgørelse viser, at forbud mod anvendelse af handelsgødning med høj emission er det virkemiddel, der har de laveste omkostninger, når sideeffekter ikke indregnes (7 kr. pr. kg NH₃) (se også figur 2).

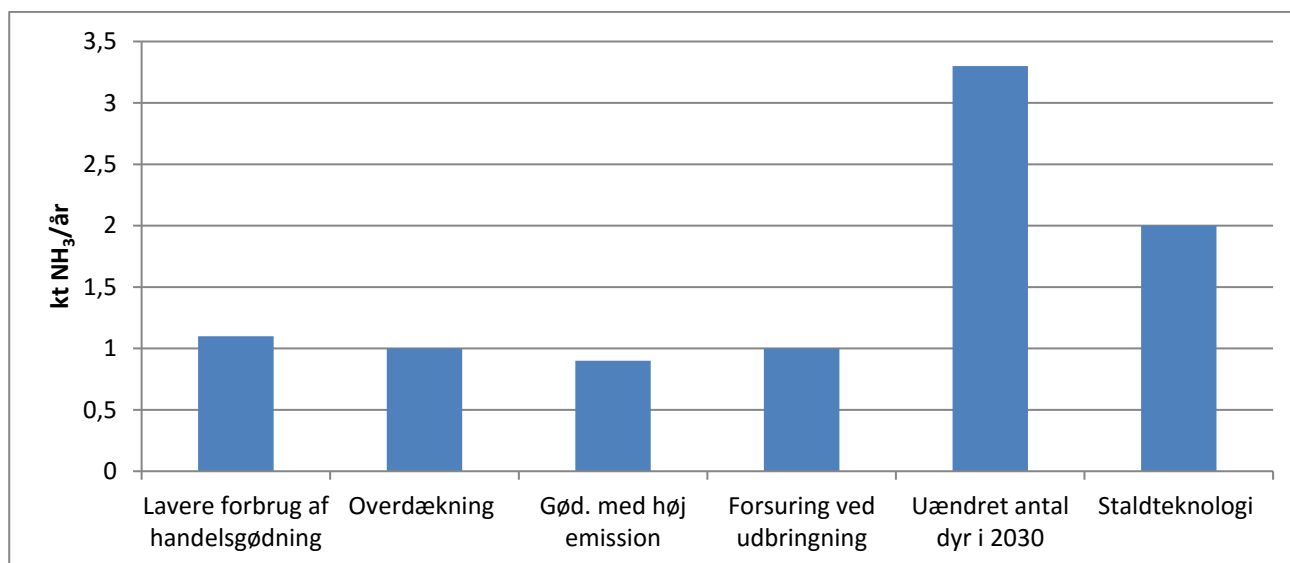
Tabel 15. Opsummering af budget og samfundsøkonomiske omkostninger og omkostnings-effektivitet for de udvalgte scenarier i 2030

	Virkemiddel	Effekt i 2030	Andel af manko i 2030	Budget omk.	Samf. øk. uden sideeffekt	Samf. øk. med sideeffekt (gns. pris)	Samf. øk. med sideeffekt (høj pris)
		Kt NH ₃ /år	%	Mio. kr./år	Kr./NH ₃	Kr./NH ₃	Kr./NH ₃
1	Staldteknologi	2,0	43	112-144	83 (73-93)	65 (54-75)	33 (22-43)
2	Fast overdækning	1,0	21	25	33	-7	-79
3	Forsuring ved udbringning	1,0	21	20	26	26	26
4	Forbud mod anvendelse af handelsgødning med høj emission	0,9	19	2-10	7	7	7
5	Lavere forbrug af handelsgødning end forventet	1,1	23	35-140	110 (44-175)	-112 (-46- -178)	-444 (-378- -510)
6	Uændret antal husdyr	3,3	70	118-294	83 (48-119)	50 (14-86)	-10 (26- -45)

Note: Den anvendte samfundsøkonomiske pris er 324 kr. pr. ton CO₂e og 25 kr. pr. kg N udvasket i rodzonen i grundscenariet. I høj-pris-scenariet er de to værdier 900 kr. pr. ton CO₂e og 60 kr. pr. kg N.

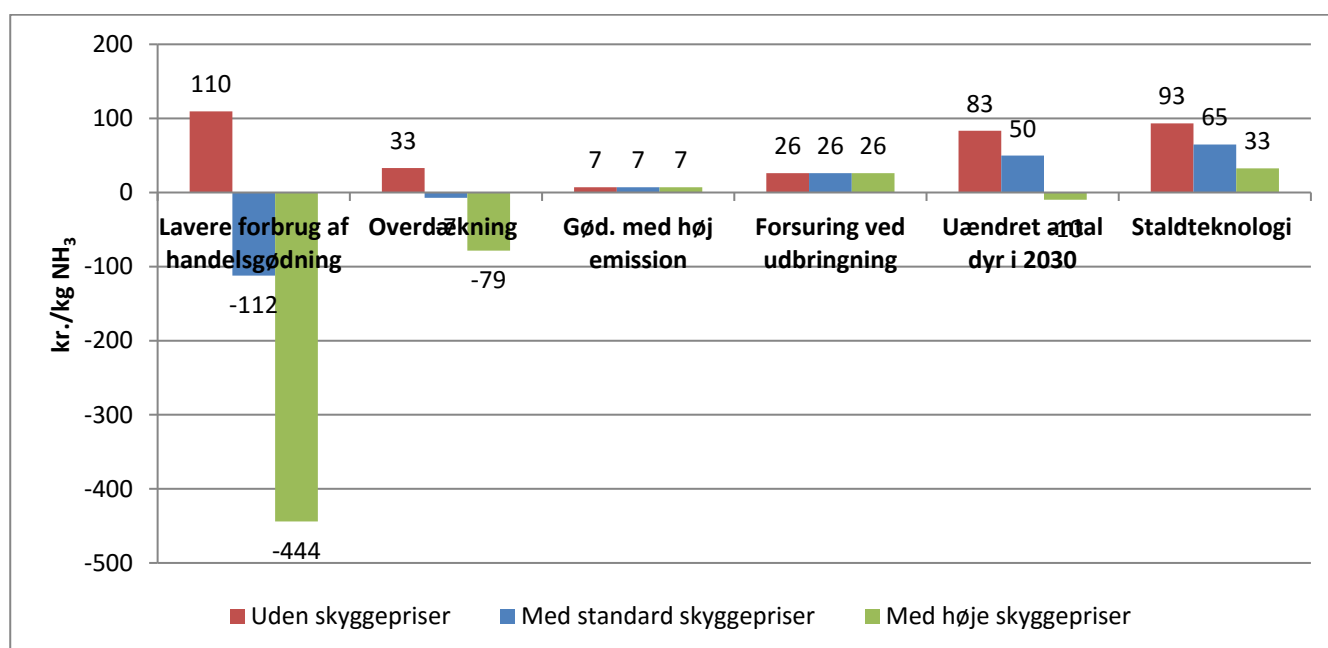
Note: Manko i 2030 er opgjort til 4,7 kt NH₃.

Kilde: Egne beregninger



Figur 2. Den opgjorte ammoniak effekt af de foreslåede virkemidler i 2030

Kilde: Egne beregninger



Figur 3. Samfundsmæssige omkostninger ved ammoniakreducerende tiltag med og uden skyggepriser (kr. pr. kg NH₃)

Note: Virkemidler er rangeret efter samfundsøkonomiske omkostninger med lave skyggepriser.

Kilde: Egne beregninger (se tabel 15)

Når sideeffekter indregnes til standardpris, så har et lavere forbrug af handelsgødning nu de laveste omkostninger (-112 kr. pr. kg NH_3), og det scenarie har nu en samfundsøkonomisk gevinst (se også figur 3). Fast overdækning og forbud mod anvendelse af handelsgødning med høj emission har de næstlaveste omkostninger.

Det lavere forbrug af handelsgødning har en effekt på både CO_2 og N-udvaskning, hvor det for en række af de andre virkemidler er antaget, at de ikke har en effekt på N-udvaskningen. I nogle tilfælde kan en lavere ammoniakemission dog reelt betyde, at N-udvaskningen stiger. De foreslåede teknologier kan omvendt betyde et lavere forbrug af handelsgødning, hvis udnyttelseskravet i forhold til N i husdyrgødningen øges.

Såfremt der anvendes det højere prisniveau for skyggepriserne, vil både fast overdækning, uændret antal dyr og lavere forbrug af handelsgødning have negative omkostninger pr. kg NH_3 . Det vil således være en samfundsøkonomisk gevinst ved disse scenarier med de anvendte forudsætninger. Det fremgår også af figur 3, at der er stor forskel på, i hvilket omfang sideeffekterne påvirker de samfundsmæssige omkostninger pr. kg NH_3 .

Det vurderes, at forsuring i stalden i dag er omkring 3 procent, og at omfanget af forsuring i marken er faldende og måske i dag kun udgør 5-7 procent af gyllen. Det kan derfor blive svært at nå det niveau for forsuring i marken (34 og 3 procent for kvæg og svin) i 2020, som indgår i baselinefremskrivningen. Den lavere anvendelse betyder, at det bliver en endnu større udfordring at nå det niveau, der indgår, specielt i scenarie 3 (øget forsuring i marken).

Omvendt synes det relevant at inddrage overdækning af gyllebeholdere i de nationale opgørelser, da der i dag er en betydelig del af alle gyllebeholdere, der har fast overdækning i form af telt. Den nationale effekt kan være tæt på 0,5 kt NH_3 . Man ville således allerede i udgangspunktet få en lavere emission, før der er iværksat yderligere tiltag som beskrevet i scenarie 2. Det kunne således være meget relevant at få det fornødne datagrundlag, så det kan indgå i de nationale fremskrivninger.

De gennemførte beregninger er partielle beregninger, og det er således ikke muligt blot at addere effekten. Der skal derfor træffes nogle valg mellem de opstillede scenarier. Således vil øget forbrug af forsuring i stalden betyde, at anvendelse af yderligere forsuring i marken vil være mindre relevant. Øget forsuring i stalden vil endvidere reducere behovet for fast overdækning af gyllebeholdere. Scenarier om forbud mod bestemte typer af gødning og et lavere forbrug af handelsgødning kan ske uafhængig af krav om brug af teknologi, men der kan være en afledt effekt, hvor lavere ammoniakemission i stalden eller lager betyder et lavere forbrug af handelsgødning, som angivet ovenfor.

Der er som anført usikkerheder ved en række af vurderingerne af blandt andet sideeffekterne og de dynamiske effekter, og det anbefales derfor, at der foretages en nærmere økonomisk analyse af de virkemidler, der ønskes implementeret frem mod 2020 og 2030. Der er som anført ingen af de foreslåede virkemidler, der, med de angivne forudsætninger, har en omkostning, der ligger over den samfundsøkonomiske gevinst (revurderet sundhedseffekt på 331 kr. pr. kg NH_3) hverken med eller uden sideeffekter.

Kilder

- Andersen, M.S. (2018). Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner 2.0. Notat, 19. juni 2018. DCE, Aarhus Universitet.
- Biocover (2018). SyreN estimerer.
<http://www.biocover.dk/radgivning/syren-estimerer>
- Børgesen, C.D., Thomsen, I.K., Hansen, E.M., Kristensen, I.T., Blicher-Mathiesen, G., Rolighed, J., Jensen, P.N., Olesen, J.E. & Eriksen, J. (2013). Notat om tilbagerulning af tre generelle krav: Normreduktion, Obligatoriske efterafgrøder og Forbud mod jordbearbejdning i efteråret. Notat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer & Jordbrug og DCE – Nationalt Center for Miljø & Energi.
- Danmarks Statistik (2018). Statistikbanken. Resultatopgørelse for heltidsbedrifter efter bedriftstype, årsværk, regnskabsposter og tid (opgørelse JORD2).
- DEFRA (2018). Code of Good Agricultural Practice (COGAP) for Reducing Ammonia Emissions. Department for Environment Food & Rural Affairs, UK. <https://www.gov.uk/government/publications/code-of-good-agricultural-practice-for-reducing-ammonia-emissions/code-of-good-agricultural-practice-cogap-for-reducing-ammonia-emissions>
- DCA (2016). Miljøteknologier i det primære jordbrug – driftsøkonomi og miljøeffektivitet.
https://lbst.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Tilskud/Projekttilskud/Landdistrikter/Miljoeteknologi_2016/DCA_rapport_2016_Sektor_1_3_version_24feb2016_rev_31-05-2016.pdf
- Dubgaard, A., Nissen, C.J., Jespersen, H.L., Gylling, M., Jacobsen, B.H., Jensen, J.D., Hjort-Gregersen, K., Kejser, A.T. & Helt-Hansen, J. (2010). Økonomiske analyser for landbruget af en omkostningseffektiv klimastrategi. Rapport nr. 205. Fødevareøkonomisk Institut, Københavns Universitet. https://static-curis.ku.dk/portal/files/44663464/FOI_rapport_205.pdf
- Dubgaard, A., Laugesen, F.M., Ståhl, E.E., Bang, J.R., Schou, E., Jacobsen, B.H., Ørum, J.E. & Jensen, J.D. (2013). Analyse af omkostningseffektiviteten ved drivhusreducerende tiltag i relation til landbruget. IFRO Rapport 221. Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. https://static-curis.ku.dk/portal/files/51174786/IFRO_Rapport_221.pdf
- Dubgaard, A. & Ståhl, L. (2018). Omkostninger ved virkemidler til reduktion af landbrugets drivhusgasemissioner. IFRO Rapport 271. Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. https://static-curis.ku.dk/portal/files/204121155/IFRO_Rapport_271.pdf
- ENA (2011). European Nitrogen Assessment. Cambridge.
- Energistyrelsen (2017). Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger for energipriser og emissioner, maj 2017.
https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/samfundsoekonomiske_beregningsforudsætninger_2017.pdf
- Finansministeriet (2017). Vejledning i samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger.
- Foged, H.L. (red.) (2017). Scenarie for forsuring af halvdelen af gyllen i Danmark. Organe Institute Aps.
http://www.organe.dk/docs/Scenarie_for_forsuring_af_halvdelen_af_gyllen_i_Danmark.pdf
- Hansen, M.N. (2014). Overdækning af gylle. Redegørelse, opdatering og vurdering af videnskabelig dokumentation. AgroTech.
https://mst.dk/media/mst/9069931/2014_02_21_overd_kning_rapport_revideret_j_vnf_r_melt_o_g_mst.pdf
- Hansen, J., Mikkelsen, M.H., Albrechtsen, R., Dubgaard, A. & Jacobsen, B.H. (2015). Scenarier for ammoniakemissionen fra Danmark i 2020 og 2030. IFRO rapport nr. 230. Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. 52 p. http://static-curis.ku.dk/portal/files/134712207/IFRO_Rapport_230.pdf

- Hvid, S.K. (2010). Effekt af urease inhibitor på ammoniakfordampning og klimapåvirkning fra amidholdig gødning. SEGES Nyhed nr. 279. https://www.landbrugsinfo.dk/miljoe/klima/sider/pl_10_279.aspx
- Jacobsen B.H. (2012) Reducing ammonia emission using the BATNEEC concept in Denmark. Journal of Food Economics, 9 (3), 166-176.
- Jacobsen, B.H. (2017). Why is acidification a success only in Denmark? Transfer of technology across borders. Paper for IFMA Congress 2017. <http://ifmaonline.org/contents/why-is-acidification-of-slurry-a-succes-only-in-denmark-transfer-of-environmental-technology-across-boarders/>
- Jacobsen, B.H., Anker, H.T. & Bak, J. (2018). Ammoniakregulering af husdyrbedrifter i forhold til ammoniakfølsom natur (Natura 2000). IFRO Rapport nr. 273, Københavns Universitet. https://static-curis.ku.dk/portal/files/198369890/IFRO_Rapport_273.pdf
- Jacobsen, B.H. & Jensen, M.V. (2014). Konsekvenserne ved emissionsbaseret regulering (EBR) med fokus på økonomi og ammoniakemission. Rapport udarbejdet af Københavns Universitet for Miljøstyrelsen <https://mst.dk/media/134666/konsekvenserne-ved-emissionsbaseret-anlaegsregulering.pdf>
- Jacobsen, B.H. & Ståhl, L. (2018). Economic analysis of the ammonia regulation in Denmark in relation to the Habitat Directive. IFRO Report no. 274. University of Copenhagen. https://static-curis.ku.dk/portal/files/196883260/IFRO_Report_274.pdf
- Jacobsen, B.H. & Ørum, J.E. (2016). Erhvervsøkonomiske analyser af omkostninger ved lavere normer. IFRO Udredning 2016/10, Københavns Universitet. https://static-curis.ku.dk/portal/files/160887424/IFRO_Udredning_2016_10.doc.pdf
- Jensen, J.D. (2017). Fremskrivning af dansk landbrug frem mod 2030 – december 2017. IFRO Udredning, nr. 2017/28. https://static-curis.ku.dk/portal/files/171789712/IFRO_Rapport_255.pdf
- Jensen, J., Krogh, P.H., Sørensen, P. & Petersen, S.O. (2018). Potentielle miljøeffekter ved anvendelse af forsuret gylle på landbrugsjord. DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet. Videnskabelig rapport fra DCE nr. 257. <http://dce2.au.dk/pub/SR257.pdf>
- Kai, P., Hansen, M. & Birkmose, T. (2015). Vidensyntese om drivhusgasser og emissionsbaseret regulering i husdyrproduktionen. Teknisk rapport. AgroTech.
- Kai, P., Adamsen, A.P.S. & Bjerg, B.S. (2016). Samspil mellem miljøteknologier. Teknologisk Institut. <https://mst.dk/media/140220/samspil-mellem-miljoeteknologier.pdf>
- Kelstrup, L. (2014). Urea er fremtidens gødning. Landbrugsavisen 20.6.2014. <https://landbrugsavisen.dk/urea-er-fremtidens-g%C3%B8dning>
- Landbrugsstyrelsen (2018). Statistik over salg af gødning. <https://lbst.dk/virksomheder/handelsgoedning/statistik-over-salg-af-goedning/>
- Mikkelsen, M.H. & Albrektsen, R. (2017). Fremskrivning af ammoniakemissionen 2016-2035. Notat. DCE, Aarhus Universitet.
- Mikkelsen, M.H. & Albrektsen, R. (2018). Note om mulige virkemidler og fordeling af ammoniak emissionen i landbruget. DCE, Aarhus Universitet.
- MST (2010). Fast overdækning af gyllebeholder. Teknologiblad, Miljøstyrelsen. https://mst.dk/media/95245/Fast%20overd%C3%A6kning_svin_mink_kv%C3%A6g_endelig_101108.pdf
- Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Nielsen, M., Hjelgaard, K., Mikkelsen, M.H., Albrektsen, R. & Thomsen, M. (2018). Fremskrivning af emissioner: SO₂, NO_x, NMVOC, NH₃, PM_{2,5} og sod. DCE, Aarhus Universitet. <https://dce2.au.dk/pub/SR298.pdf>
- Nyord, T., Kai, P. & Sommer, S. (2018). Praktiske udfordringer ved indførsel af gyllefædnings- og gylleforsuringspåbud i Danmark. Notat. Aarhus Universitet.
- Olesen, J. (2009). Potentiale af udvalgte klimavirkemidler på jordbrugsområdet. <https://pure.au.dk/ws/files/2783178/603783.pdf>

- Olesen, J.E., Petersen, S.O., Lund, P., Jørgensen, U., Kristensen, T., Elsgaard, L., Sørensen, P. & Lassen, J. (2018). Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget. DCA Rapport 130. Aarhus Universitet. <http://web.agrsci.dk/djfpublikation/djfpdf/DCArapport130.pdf>
- Smitt, L.B. (2007). Svovlsur ammoniak erstattes af NS 26-14. Landbrugsavisen sektion 2, s.10-11. 30.11.2007.
- Thomsen, E.B. (2018). Minkavlere er presset: Produktionen falder med 30 procent næste år. Landbrugsavisen 20.12.2018. <https://landbrugsavisen.dk/minkavlere-er-preset-produktionen-falder-med-30-procent-n%C3%A6ste-%C3%A5r>

Appendix A

Analyse af svovlsyreforbrug i Danmark

Salget af svovlsyre i Danmark kan opgøres som produktionen i Danmark plus import og minus eksport.

Tabel A1. Oversigt over omsætning af svovlsyre i Danmark

År	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Gns.
Produktion	2,2	1,5	2,7	2,4	3,3	3,2	2,6
Import	33,3	35,9	34,2	3762,6	27,2	32,6	33,5
Eksport	1,0	1,2	0,4	1,9	3,3	3,9	2,0
DK forbrug (mio. kg)	34,5	36,2	36,5	38,1	27,2	31,9	34,1
Index: 2012=100	100	105	106	110	79	92	
Gyllemængde (i alt) (mio. tons)				36,9			
Behandlet i stald (%)							
Svin				2			
Kvæg				5			
Mængde (mio. tons gylle)				1,3			
Syreforbrug (mio. kg) (JH Agro vurdering)				9,5 (6-8)			
Ved udbringning (%)							
Svin				1			
Kvæg				13			
Mængde (mio. tons gylle)				2,6			
Syreforbrug (mio. kg)				7,3			
Syreforbrug i alt (mio. kg)				16,8 (13)			
Forsuring andel af samlet forbrug (%)				44 (37)			

Note: Der antages, at der anvendes 6 kg syre pr. ton kvæggylle og 10 kg pr. ton svinegylle svarende til, hvad der opgives af JH Agro. Vægtet gennemsnit med 2:1 for kvæg giver således 7,3 kg syre pr. ton gylle. 1.000 liter vejer cirka 1.840 kg. Forbruget i marken er 1,5 l eller cirka 2,8 kg pr. ton gylle. Nyord et al. (2018) anvender cirka 8,2 kg syre pr. ton gylle i stalden, og samlet er deres forbrug cirka 12,7 mio. kg syre (37 procent i 2015).

Note: Det antages, at der i 2020 er 19,3 mio. tons svinegylle og 18,8 mio. tons kvæggylle, og at der i 2030 er henholdsvis 9,8 mio. tons svinegylle og 21,8 mio. kvæggylle (Dubgaard & Ståhl, 2018).

Kilde: Danmarks Statistik (industriens salg af egne varer, in- og eksport KN (typenummer 2807: Svovlsyre omfattende rygende svovlsyre og svovlsyre oleum); Mikkelsen og Albrechtsen (2017); Dubgaard og Ståhl (2018) samt egne beregninger. JH Agro antager, at der bruges 6-8 mio. kg syre i alt på deres staldanlæg, hvilket stort set stemmer med ovenstående ($1,3 * 7,3 = 9,5$ mio. tons syre i stalden).

Appendiks B

Bruttoliste over ammoniakvirkemidler

	Navn	Beskrivelse
1	Luftrenser	Kunne gennemføres på fx store svinebedrifter
2	Varmeveksler	Varmeveksler (100 % slagtekyllinger)
3	Forsuring i stalden	Forsuring af 50 % af al gylle
4	Forsuring i stalden (klimaanalyse)	Forsuring af 17 % af svine- og kvæggylle i 2030 (se Dubgaard & Ståhl, 2018)
5	Køling af svinegylle	Køling af fx 10 % af svinegylle
6	Lavemissionsstalde svin	Delvis spaltegulv (slagtesvin) i forhold til reference
7	Lavemissionsstalde kvæg	Fast drænet gulv med ajlefløb og dræn
8	Lavemissionsstalde mink	Rendebredde op til 40 cm + udmugning 1-2 gange/uge
9	Lavemissionsstald æglæggende høns	Gødningsbånd
10	Lavere opholdstid i stalden	Gylle transporteres hurtigere ud
11	Fast overdækning af lager på svinebedrifter	Fast overdækning af en andel af gyllen fra svinebedrifter
12	Separation af gylle + bioforgasning af tør fraktion	Reduceret tørstofindhold i udbragt gylle + øget mængde tørstof til biogas (+ højere udnyttelsesprocent)
13	Øget anvendelse af nedfælder	Krav om brug af nedfælder i vintersæd
14	Nitrifikationshæmmer og øget pris på N	Tilsætning 90 % handelsgødnings-N i 2030 og højere pris som reducerer gødningsforbruget
15	Forsuring i marken (lager eller udbringning)	Forsuring af fx 25 % af al gylle
16	Reduceret anvendelse af gødning med høj emission	Gødningstype er urea og svovlsur ammoniak
17	Handelsgødning	Reduceret anvendelse i forhold til fremskrivning
18	Reduktion af antal dyr i forhold til baseline	Følsomhedsvurdering i forhold til fremskrivning 2020 og 2030. Eventuelt uændret antal dyr i forhold til i dag.

Kilde: Egen opgørelse

Appendix C

Tabel C1. Sideeffekter i form af CO₂ og N-udvaskning for de udvalgte scenarier i 2020

Scenarie	Virkemiddel	Omfang af gylle (tons)	CO ₂ (t CO ₂)	Reduceret N-udvaskning i rodzonen (t N)
1	Øget staldteknologi - Luftrensning - Staldforsuring (svin) - Staldforsuring (kvæg)	0	0	0
2	Fast overdækning af gyllebeholdere (i forhold til 2016)	16,2 mio. tons	82.000 (20.500)	0
3	Forsuring i marken	3,8 mio. tons	0	0
4	Forbud mod anvendelse af gødning med høj emission	6 mio. kg N	0	0
5	Lavere forbrug af handelsgødning	33 mio. kg N	165.000	6.600
6	Køer (-19.000) (-3 %) Søer og smågrise (-60.000 og -2 mio.) (-6 %)	0,6 mio. tons kvæggylle 0,5 mio. tons svinegylle	100.700 32.200	0 0

Kilde: Dubgaard og Ståhl (2018) samt egne beregninger (se også tabel 9)

Tabel C2. Samlet effekt i 2020 og budgetomkostning samt budgetomkostning pr. kg NH₃

Scenarie			Reduktion i 2020	Omkostning	Omkostnings-effektivitet
	Beskrivelse	Mængde gylle * (mio. t)	(t NH ₃)	(mio. kr. pr. år)	Kr. pr. kg NH ₃
1	Øget teknologi i stalden - Luftrensning - Staldforsuring (svin) - Staldforsuring (kvæg)	0	0	0	----
2	Fast overdækning (i forhold til 2015)	16,2 (mix) (4,1)	578 (164)	16,2 (4,1)	28 (25)
3	Forsuring af gylle ved udbringning	3,8 (S)	995	18	18
4	Forbud mod handelsgødning med høj emission	6 mio. kg N	933	2 - 10	2 - 11
5	Lavere forbrug af handelsgødning end forventet	33 mio. kg N	1.003	33 - 99	33 - 99
6	Fastholdelse af husdyrproduktionen 2020 til 2030 (svin, kvæg, fjerkræ og mink)	0,6(K) 0,5 (S)	1.313	55 - 136	42 - 104

* (S) er svin og (K) er køer

Note: For scenarie 2 er effekten beregnet både i forhold til 2005 og 2016. Se også tabel 11.

For scenarie 6 indgår en reduktion på 54.500 dyreenheder.

Tabel C3. Opsummering af budget og samfundsøkonomiske omkostninger og omkostnings-effektivitet for de udvalgte scenarier i 2020

Scenarie	Virkemiddel	Effekt i 2020	Budget omk.	Samfundsøk. uden sideeffekt	Samfundsøk. med sideeffekt (gns. pris)	Samfundsøk. med sideeffekt (høj pris)
		Kt NH ₃ /år	Mio. kr./år	Kr./NH ₃	Kr./NH ₃	Kr./NH ₃
1	Staldteknologi	0	0	---	---	---
2	Fast overdækning	578 (164)	32,4 (8,2)	74 (66)	28 (26)	-53 (-46)
3	Forsuring ved udbringning	995	18	24	24	24
4	Forbud mod anvendelse af handelsgødning med høj emission	933	2-10	7	7	7
5	Lavere forbrug af handelsgødning end forventet	1.003	33-99	87 44-131	-131 -87- -174	-456 -412- -499
6	Uændret antal husdyr	1.313	96 55-136	96 56-137	64 23-104	5 46- -36

Kilde: Egne beregninger (se også tabel 15)